

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP2004/000198

14. 1. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

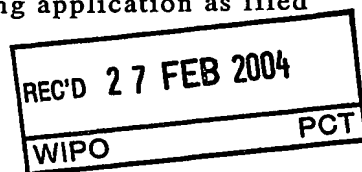
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 9月22日

出願番号
Application Number: 特願2003-330038

[ST. 10/C]: [JP2003-330038]

出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

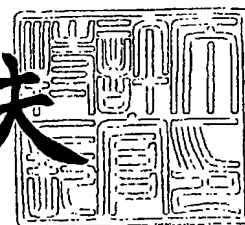


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3009054

【書類名】 特許願
【整理番号】 0390317103
【提出日】 平成15年 9月22日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 15/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内
 【氏名】 黒田 大介
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内
 【氏名】 湊 篤郎
【特許出願人】
 【識別番号】 000002185
 【氏名又は名称】 ソニー株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100069051
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小松 祐治
 【電話番号】 0335510886
【選任した代理人】
 【識別番号】 100116942
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩田 雅信
 【電話番号】 0335510886
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 9718
 【出願日】 平成15年 1月17日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 048943
 【納付金額】 21, 000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0117652

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

少なくとも、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有し主としてズーム（変倍）を行うために光軸方向に移動可能にされた第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正又は負の屈折力を有しズーム中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第 4 レンズ群とを備え、4 群又は 5 群のレンズ群から構成されるインナーフォーカスタイプのズームレンズであって、

上記第 1 レンズ群は、少なくとも、物体側より順に配列された凹レンズと、凸レンズと、真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズを挟み込んだ 3 枚接合レンズとを有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

上記第 1 レンズ群内における 3 枚接合レンズが、物体側より順に配列された第 1 の凹レンズ A 1 と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズ A 2 と第 2 の凹レンズ A 3 とを有し、上記第 1 の凹レンズ A 1 と凸レンズ A 2 が以下の条件式 (1)、(2) を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$(1) \quad n_1 - n_2 > 0.3$$

$$(2) \quad |v_1 - v_2| > 40$$

但し、C 線、d 線、F 線、g 線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズ A_x (3 枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) の d 線における屈折率 n_d

v_x : レンズ A_x の d 線におけるアッベ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項 3】

上記第 1 レンズ群内における 3 枚接合レンズが、物体側より順に配列された第 1 の凹レンズ A 1 と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズ A 2 と第 2 の凹レンズ A 3 とから成り、上記凸レンズ A 2 と第 2 の凹レンズ A 3 とが以下の条件式 (3)、(4)、(5) を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$(3) \quad |n_2 - n_3| < 0.1$$

$$(4) \quad v_{23} > 80$$

$$(5) \quad \Delta P_{23} > 0.03$$

但し、C 線、d 線、F 線、g 線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズ A_x (3 枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) の d 線における屈折率 n_d

v_x : レンズ A_x の d 線におけるアッベ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

P_x : レンズ A_x の部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$

とする。

【請求項 4】

上記第 1 レンズ群内における 3 枚接合レンズが、物体側より順に配列された第 1 の凹レンズ A 1 と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズ A 2 と第 2 の凹レンズ A 3 とから成り、上記凸レンズ A 2 と第 2 の凹レンズ A 3 とが以下の条件式 (3)、(4)、(5) を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項 2 に記載のズームレンズ。

$$(3) \quad |n_2 - n_3| < 0.1$$

$$(4) \quad v_{23} > 80$$

$$(5) \quad \Delta P_{23} > 0.03$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズ A_x (3枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズ A_x のd線におけるアッベ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

P_x : レンズ A_x の部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項5】

上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ、凸レンズの第4レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第6レンズとによって構成されたことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項6】

上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ、凸レンズの第4レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第6レンズとによって構成されたことを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項7】

上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ、凸レンズの第4レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第6レンズとによって構成されたことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項8】

上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ、凸レンズの第4レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第6レンズとによって構成されたことを特徴とする請求項4に記載のズームレンズ。

【請求項9】

物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し、主としてズーミング(変倍)を行うために光軸方向に移動可能とされた第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有し、ズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とから成るインナーフォーカスタイプのズームレンズであって、

上記第1レンズ群は、物体側から順に配列された凹レンズと凸レンズと真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズを挟み込んだ3枚接合レンズとを少なくとも1つずつ有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項10】

上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、

物体側より順に配列された第1の凹レンズ A_1 と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズ A_2 と第2の凹レンズ A_3 とを有し、

上記第1の凹レンズ A_1 と凸レンズ A_2 が以下の条件式(1)、(2)を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項9に記載のズームレンズ。

$$(1) \quad n_1 - n_2 > 0.3$$

$$(2) \quad |v_1 - v_2| > 40$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズ A_x (3枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズ A_x のd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項11】

上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、

物体側より順に配列された第1の凹レンズ A_1 と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズ A_2 と第2の凹レンズ A_3 とから成り、

上記凸レンズ A_2 と第2の凹レンズ A_3 とが以下の条件式(3)、(4)、(5)を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項9に記載のズームレンズ。

$$(3) \quad |n_2 - n_3| < 0.1$$

$$(4) \quad v_{23} > 80$$

$$(5) \quad \Delta P_{23} > 0.03$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズ A_x (3枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズ A_x のd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

P_x : レンズ A_x の部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項12】

上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、

物体側より順に配列された第1の凹レンズ A_1 と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズ A_2 と第2の凹レンズ A_3 とから成り、

上記凸レンズ A_2 と第2の凹レンズ A_3 とが以下の条件式(3)、(4)、(5)を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項10に記載のズームレンズ。

$$(3) \quad |n_2 - n_3| < 0.1$$

$$(4) \quad v_{23} > 80$$

$$(5) \quad \Delta P_{23} > 0.03$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズ A_x (3枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズ A_x のd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

P_x : レンズ A_x の部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項13】

上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズと、凸レンズの第4レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズ、凸レンズの第6レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第7レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第6レンズとによって構成された

ことを特徴とする請求項9に記載のズームレンズ。

【請求項14】

上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレン

【請求項21】

ズームレンズと、該ズームレンズによって取り込んだ画像を電氣的な画像信号に変換する撮像手段と、画像制御手段とを備え、

上記画像制御手段は、上記ズームレンズによる変倍率に応じて予め用意されている変換座標係数を参照しながら、上記撮像手段によって形成された画像信号によって規定される画像上の点を移動させて座標変換した新たな画像信号を形成し、該新たな画像信号を出力するように構成され、

上記ズームレンズは、少なくとも、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し主としてズーム（変倍）を行うために光軸方向に移動可能にされた第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正又は負の屈折力を有しズーム中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群とを備え、4群又は5群のレンズ群から構成されるインナーフォーカスタイプのズームレンズであって、

上記第1レンズ群は、少なくとも、物体側より順に配列された凹レンズと、凸レンズと、真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズを挟み込んだ3枚接合レンズとを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項22】

上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、物体側より順に配列された第1の凹レンズA1と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズA2と第2の凹レンズA3とを有し、上記第1の凹レンズA1と凸レンズA2が以下の条件式(1)、(2)を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項21に記載の撮像装置。

$$(1) \quad n_1 - n_2 > 0.3$$

$$(2) \quad |v_1 - v_2| > 40$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズA_x (3枚接合レンズのうち物体側よりx番目のレンズ。以下同じ) のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズA_xのd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項23】

上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、物体側より順に配列された第1の凹レンズA1と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズA2と第2の凹レンズA3とから成り、上記凸レンズA2と第2の凹レンズA3とが以下の条件式(3)、(4)、(5)を満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項21に記載の撮像装置。

$$(3) \quad |n_2 - n_3| < 0.1$$

$$(4) \quad v_{23} > 80$$

$$(5) \quad \Delta P_{23} > 0.03$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズA_x (3枚接合レンズのうち物体側よりx番目のレンズ。以下同じ) のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズA_xのd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

P_x : レンズA_xの部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ とする。

【請求項24】

上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、物体側より順に配列された第1の凹レンズA1と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズA2と第2の凹レンズA3とを有し、上記第1の凸レンズA2と第2の凹レンズA3とが以下の条件式(3)、(4)、(5)を

満足する材料で形成された

ことを特徴とする請求項 22 に記載の撮像装置。

$$(3) \quad |n_2 - n_3| < 0.1$$

$$(4) \quad v_{23} > 80$$

$$(5) \quad \Delta P_{23} > 0.03$$

但し、C 線、d 線、F 線、g 線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g とし、

n_x : レンズ A_x (3 枚接合レンズのうち物体側より x 番目のレンズ。以下同じ) の d 線における屈折率 n_d

$$v_x: \text{レンズ } A_x \text{ の d 線におけるアッペ数 } v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$P_x: \text{レンズ } A_x \text{ の部分分散比 } P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

とする。

【請求項 25】

上記第 1 レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと、凸レンズの第 2 レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 3 レンズ、凸レンズの第 4 レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第 5 レンズから成る 3 枚接合レンズと、凸レンズの第 6 レンズとによって構成された

ことを特徴とする請求項 21 に記載の撮像装置。

【請求項 26】

上記第 1 レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと、凸レンズの第 2 レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 3 レンズ、凸レンズの第 4 レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第 5 レンズから成る 3 枚接合レンズと、凸レンズの第 6 レンズとによって構成された

ことを特徴とする請求項 22 に記載の撮像装置。

【請求項 27】

上記第 1 レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと、凸レンズの第 2 レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 3 レンズ、凸レンズの第 4 レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第 5 レンズから成る 3 枚接合レンズと、凸レンズの第 6 レンズとによって構成された

ことを特徴とする請求項 23 に記載の撮像装置。

【請求項 28】

上記第 1 レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 1 レンズと、凸レンズの第 2 レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第 3 レンズ、凸レンズの第 4 レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第 5 レンズから成る 3 枚接合レンズと、凸レンズの第 6 レンズとによって構成された

ことを特徴とする請求項 24 に記載の撮像装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】ズームレンズ及び撮像装置

【技術分野】

【0001】

本発明は新規なズームレンズ及び撮像装置に関する。詳しくは、超広角域から超望遠域までをカバーする広角高倍率のビデオカメラ用として最適なズームレンズ及び該ズームレンズを使用した撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

民生用のビデオカメラ用のズームレンズの設計において、小型化された撮像素子の利点を生かす方向として、ズーム比（変倍率）が同じでより小型化を目指す方向と、実用的な大きさの中でズーム比のより高倍率化を目指す方向とがある。

【0003】

後者のより高倍率なズームレンズを実現する技術の一例として、特許文献1に記載されたものがある。このズームレンズは、物体側より順に正、負、正、負、正の屈折力配置の5つのレンズ群から成り、少なくとも第2レンズ群と第4レンズ群を移動させてズーミング（変倍）とフォーカシング（焦点合わせ）を行うことにより、約20倍のズーム比を得るようにしたものである。

【0004】

しかしながら、撮像素子のさらなる小型化を生かして、高倍率化をさらに進めて、例えば、40倍のズーム比を得ようとして、特許文献1の技術をそのまま適用しようとすると、次のような問題が生じていた。すなわち、ズーミングによる収差変動や、望遠端での色収差及び球面収差などを補正することができなかった。そのため、特許文献1の技術では、ズームレンズの実用的な大きさを維持した上での高倍率化は20倍くらいに限界であった。

【0005】

そこで、特許文献2に記載された技術にあつては、高倍率化に際しての問題であったズーミングによる収差変動や、望遠端での色収差及び球面収差などを補正するために、第3レンズ群及び第5レンズ群に非球面レンズを導入し、且つ、アッペ数が大きく異常部分分散性を有する材料を多数使用することによって、広角端においては85度以上の画角と40倍のズーム比を実現している。

【0006】

【特許文献1】特開平8-5913号公報

【0007】

【特許文献2】特開2000-105336号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記特許文献2に示された技術にあつては、アッペ数が大きく異常部分分散性を持つ特殊低分散ガラスを3枚使用している。この特殊低分散ガラスは、周知の通り、材質が柔らかく耐潜傷性が低いので、レンズ製造時の超音波洗浄中に潜傷が発生しやすい。また、熱膨張係数が大きく、レンズコーティングをするための蒸着工程時に真空チャンバー内で加熱し、蒸着後直ぐに真空チャンバー内に空気を流入させて急冷すると、クラックが発生しやすいため、蒸着後に真空チャンバー内に長時間放置して徐冷しなければならず、蒸着サイクルが長くかかって生産性に問題があり、ひいては、コストに影響するという問題がある。

【0009】

従って、特殊低分散ガラス製のレンズを3枚使用する特許文献2に示されたズームレンズでは大量生産が不可能であり、民生用のズームレンズとしては不向きである。

【0010】

そこで、本発明は、上記した問題点に鑑み、画角が広角端において67度以上、望遠端において1.6度以下と超広角域から超望遠域までをカバーできて40倍程度のズーム比を有しつつ、各種収差が良好に補正されていて、量産性に優れたズームレンズ及び該ズームレンズを使用した撮像装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明ズームレンズは、上記した課題を解決するために、少なくとも、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し主としてズーミング（変倍）を行うために光軸方向に移動可能にされた第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正又は負の屈折力を有しズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群とを備え、4群又は5群のレンズ群から構成されるインナーフォーカスタイプのズームレンズであって、上記第1レンズ群は、少なくとも、物体側より順に配列された凹レンズと、凸レンズと、真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズを挟み込んだ3枚接合レンズとを有するものである。

【0012】

また、本発明撮像装置は、上記した課題を解決するために、ズームレンズと、該ズームレンズによって取り込んだ画像を電気的な画像信号に変換する撮像手段と、画像制御手段とを備え、上記画像制御手段は、上記ズームレンズによる変倍率に応じて予め用意されている変換座標係数を参照しながら、上記撮像手段によって形成された画像信号によって規定される画像上の点を移動させて座標変換した新たな画像信号を形成し、該新たな画像信号を出力するように構成され、上記ズームレンズは、少なくとも、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し主としてズーミング（変倍）を行うために光軸方向に移動可能にされた第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正又は負の屈折力を有しズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群とを備え、4群又は5群のレンズ群から構成されるインナーフォーカスタイプのズームレンズであって、上記第1レンズ群は、少なくとも、物体側より順に配列された凹レンズと、凸レンズと、真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズを挟み込んだ3枚接合レンズとを有するものである。

【0013】

従って、本発明ズームレンズ及び撮像装置にあつては、画角が広角端において67度以上、望遠端において1.6度以下と超広角域から超望遠域までをカバーできて40倍程度のズーム比を有しつつ、各種収差が良好に補正されていると共に、特殊低分散ガラス製のレンズは3枚接合レンズの真ん中に位置されるので、レンズコーティングを施さなくても超音波洗浄中に潜傷が生じることがない。

【0014】

また、レンズ研磨時や超音波洗浄中に発生した潜傷を、接合レンズ間の接着材によって埋めることができ、且つ接合することによってコーティングも必要なくなる。

【発明の効果】

【0015】

請求項1、9及び21に記載した発明において、ズームレンズは、少なくとも、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有し主としてズーミング（変倍）を行うために光軸方向に移動可能にされた第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正又は負の屈折力を有しズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群とを備え、4群又は5群のレンズ群から構成されるインナーフォーカスタイプのズームレンズであって、上記第1レンズ群は、少なくとも、物体側より順に配列された凹レンズと、凸レンズと、真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズを挟み込んだ3枚接合レンズとを有することを特徴とする。

【0016】

従って、請求項1、9及び21に記載した発明にあつては、画角が広角端において67度以上、望遠端において1.6度以下と超広角域から超望遠域までをカバーできて40倍程度のズーム比を有しつつ、各種収差が良好に補正されたズームレンズを得ることができる。また、特殊低分散ガラス製のレンズは3枚接合レンズの真ん中に位置されるので、レンズコーティングを施さなくても超音波洗浄中に潜傷が生じることが無く、レンズ研磨時や超音波洗浄中に発生した傷や潜傷を接合レンズ間に位置する接着材によって埋めることができ、且つ、接合することによって、コーティングも必要なくなるため、低コストで量産性に優れたズームレンズを得ることができる。

【0017】

請求項2、10及び22に記載した発明にあつては、上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、物体側より順に配列された第1の凹レンズA1と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズA2と第2の凹レンズA3とから成り、上記第1の凹レンズA1と凸レンズA2が、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g とし、また、 n_x をレンズA_x（3枚接合レンズのうち物体側よりx番目のレンズ。以下同じ）のd線における屈折率 n_d 、 v_x をレンズA_xのd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ として、(1) $n_1 - n_2 > 0.3$ 及び(2) $|v_1 - v_2| > 40$ という2つの条件式(1)、(2)を満足する材料で形成されたので、1次の色収差、特に、望遠端における1次の色収差をを良好に補正することができ、40倍という高倍率の実現に寄与する。

【0018】

請求項3、4、11、12、23及び24に記載した発明にあつては、上記第1レンズ群内における3枚接合レンズが、物体側より順に配列された第1の凹レンズA1と特殊低分散ガラスで形成された凸レンズA2と第2の凹レンズA3とから成り、上記凸レンズA2と第2の凹レンズA3とが、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g とし、また、 n_x をレンズA_x（3枚接合レンズのうち物体側よりx番目のレンズ。以下同じ）のd線における屈折率 n_d 、 v_x をレンズA_xのd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、 P_x をレンズA_xの部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ として、(3) $|n_2 - n_3| < 0.1$ 、(4) $v_{23} > 80$ 、(5) $\Delta P_{23} > 0.03$ という3つの条件式(3)、(4)、(5)を満足する材料で形成されたので、望遠側における2次の色収差、望遠端における球面収差、コマ収差、軸上色収差を良好に補正することができる。

【0019】

請求項5乃至8及び25乃至28に記載した発明にあつては、上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ、凸レンズの第4レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第6レンズとによって構成されたので、像面湾曲、歪曲収差及び球面収差の補正が容易である。

【0020】

請求項13乃至16に記載した発明にあつては、上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズと、凸レンズの第4レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズ、凸レンズの第6レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第7レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第8レンズとによって構成されたので、像面湾曲、歪曲収差及び球面収差の補正が容易である。

【0021】

請求項17乃至20に記載した発明にあつては、上記第1レンズ群が、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと、凸レンズの第2

レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ及び凸レンズの第4レンズの接合レンズと、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズ、凸レンズの第6レンズ及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第7レンズから成る3枚接合レンズと、凸レンズの第8レンズとによって構成されたので、像面湾曲、歪曲収差及び球面収差の補正が容易である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下に、本発明ズームレンズの各実施の形態を添付図面を参照して説明する。なお、図1乃至図4は第1の実施の形態を、図5乃至図8は第2の実施の形態を、図9乃至図12は第3の実施の形態を、図13乃至図16は第4の実施の形態を、図17乃至図20は第5の実施の形態を、それぞれ示すものである。

【0023】

以下の説明において、「 s_i 」は物体側から数えて i 番目の面を、「 r_i 」は上記面「 s_i 」の曲率半径を、「 d_i 」は物体側から i 番目の面と $i+1$ 番目の面との間の光軸上における面間隔を、「 n_i 」は物体側から i 番目のレンズの d 線（波長587.6nm）における屈折率を、「 v_i 」は物体側から i 番目のレンズの d 線におけるアッペ数を、「 f 」はレンズ全系の焦点距離を、「 F_n 」は開放F値を、「 ω 」は半画角を、それぞれ示す。

【0024】

第1及び第2の実施の形態に係るズームレンズ1、2は、図1及び図5に示すように、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{r1} と、負の屈折力を有し、主としてズーミング（変倍）を行うために光軸方向に移動可能とされた第2レンズ群 G_{r2} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{r3} と、負の屈折力を有し、ズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群 G_{r4} とから成る4群構成のインナーフォーカスタイプのズームレンズである。

【0025】

また、第3、第4及び第5の実施の形態にかかるズームレンズ3、4、5は、図9、図13及び図17に示すように、物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_{r1} と、負の屈折力を有し、主としてズーミング（変倍）を行うために光軸方向に移動可能とされた第2レンズ群 G_{r2} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{r3} と、負の屈折力を有し、ズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群 G_{r4} と、正の屈折力を有する第5レンズ群 G_{r5} とから成る5群構成のインナーフォーカスタイプのズームレンズである。

【0026】

上記第1レンズ群 G_{r1} は、物体側から順に配列された、凹レンズと凸レンズと真ん中に特殊低分散ガラスを挟み込んだ3枚接合レンズを少なくとも1つづつ有する。

【0027】

先ず、第1及び第2の実施の形態にかかるズームレンズ1、2の詳細について説明する。

【0028】

第1の実施の形態及び第2の実施の形態に係るズームレンズ1及び2にあって、第1レンズ群 G_{r1} は、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズ L_1 と、凸レンズの第2レンズ L_2 と、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズ L_3 、凸レンズの第4レンズ L_4 及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズ L_5 から成る3枚接合レンズ T_1 と、凸レンズの第6レンズ L_6 との4群6枚のレンズによって構成される。

【0029】

第2レンズ群 G_{r2} は、物体側から順に配列された、凹レンズの第7レンズ L_7 と、凹レンズの第8レンズ L_8 及び凸レンズの第9レンズ L_9 の接合レンズ T_3 との2群3枚の

レンズによって構成される。

【0030】

第3レンズ群G_r3以降のレンズ群の構成は第1の実施の形態にかかるズームレンズ1と第2の実施の形態にかかるズームレンズ2とで異なる。

【0031】

第1の実施の形態に係るズームレンズ1にあって、第3レンズ群G_r3は凸レンズの第10レンズL₁₀によって構成され、第4レンズ群G_r4は、物体側から順に配列された、凸レンズの第11レンズL₁₁、凹レンズの第12レンズL₁₂及び凸レンズの第13レンズL₁₃の3枚接合レンズT₇によって構成される。

【0032】

第2の実施の形態に係るズームレンズ2にあって、第3レンズ群G_r3は物体側から順に配列された、凸レンズの第10レンズL₁₀と、凸レンズの第11レンズL₁₁及び凹レンズの第12レンズL₁₂の接合レンズT₈との2群3枚のレンズによって構成され、第4レンズ群G_r4は凸レンズの第13レンズL₁₃によって構成される。

【0033】

第1及び第2の実施の形態にかかるズームレンズ1、2にあって、第1レンズ群G_r1は、凹レンズと凸レンズを少なくとも1つずつ有することを特徴とする。広角側では、物体側から順に配列された凹レンズ（第1レンズL₁）と凸レンズ（第2レンズL₂）によって、広画角化を達成でき、かつ像面湾曲の補正を容易にすることができる。また、望遠側では、第1レンズ群G_r1が正の屈折力を持つことからアンダー側の球面収差が発生しやすいが、物体寄りに配置された凹レンズL₂の作用で、この球面収差の補正を容易にしている。

【0034】

望遠端における色収差の補正及び2次スペクトルの補正には、レンズ系の前群の凸レンズにアッペ数が大きく、異常部分分散性を持つ材質を用いることが効果的であることが公知である。

【0035】

しかしながら、ズームレンズ1及び2にあっては、望遠端において、入射光束は3枚接合レンズT₁でもっとも拡がるようになっている。従って、望遠端における色収差は3枚接合レンズT₁の構成によって支配されるので、3枚接合レンズT₁の材質を一般的な望遠レンズにおける2次スペクトルの補正に適した材質とすること、すなわち、

- (1) $n_1 - n_2 > 0.3$
- (2) $|v_1 - v_2| > 40$
- (3) $|n_2 - n_3| < 0.1$
- (4) $v_{23} > 80$
- (5) $\Delta P_{23} > 0.03$

の各条件式を満足する材質構成を有することが必要である。

【0036】

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれ n_C 、 n_d 、 n_F 、 n_g として、

n_x : レンズA_x（3枚接合レンズのうち物体側よりx番目のレンズ。以下同じ）のd線における屈折率 n_d

v_x : レンズA_xのd線におけるアッペ数 $v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

P_x : レンズA_xの部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$

とする。

【0037】

また、3枚接合レンズT₁の凸レンズA₂（第4レンズL₄）と第2の凹レンズA₃（第5レンズL₅）を薄肉密着系と考えると、凸レンズA₂と第2の凹レンズA₃とで1つの仮想の硝材A₂₃とみなすことができる。

【0038】

そこで、

f_x : レンズA_xの焦点距離

として、

上記仮想の硝材A₂₃の焦点距離は次の(6)式によって、そして、分散値は下記の(7)式によって求められ、

$$(6) \quad 1/f_{23} = 1/f_2 + 1/f_3$$

$$(7) \quad 1/f_{23} \cdot v_{23} = 1/f_2 \cdot v_2 + 1/f_3 \cdot v_3$$

その値を用いて、部分分散比P₂₃は、

$$(8) \quad P_{23} = (f_2 \cdot v_2 \cdot P_3 + f_3 \cdot v_3 \cdot P_2) / (f_2 \cdot v_2 + f_3 \cdot v_3)$$

で求められる。

【0039】

そこで、図22においては、横軸にアッベ数 v を、縦軸に屈折率 n をとって、また、図23においては、横軸にアッベ数 v を、縦軸に部分分散比 P をとって、HOYA株式会社の製品である硝材の一部を示したとき、図23において硝材C7とF2を通る標準線をPbaseとすると、

$$P_{base} = -0.00174906 \times v_{23} + 0.64662907$$

となり、

このとき、

$$\Delta P_{23} = P_{23} - P_{base}$$

である。

【0040】

そこで、図23に示す硝材から凸レンズA₂(第4レンズL₄)と第2の凹レンズA₃(第5レンズL₅)の硝材を任意に選び、これら2つの硝材を結ぶ直線が標準線Pbaseの傾きに比べてなだらかならば、標準線Pbase上で色消しを行ったときより、2次スペクトルは減少する。

【0041】

上記条件式(1)と(2)は、1次の色消し条件であり、望遠側における1次の色収差を補正するのに必要な条件である。条件式(1)及び(2)を満たさない場合は、望遠端における色収差が顕著になり、40倍という高変倍率を実現することができなくなる。

【0042】

ズームレンズ1及び2においては、3枚接合レンズT1の真ん中のレンズA₂(第4レンズL₄)に特殊低分散ガラス、例えば、FCD1やFCD10を用いることが前提であり、且つ、条件式(1)、(2)を満たすためには、第1の凹レンズA₁(第3レンズL₃)には、例えば、フリント系のFDS60、FDS90、TaFD30やFDS1以外の硝材は除外される。

【0043】

上記条件式(3)、(4)、(5)は、2次の色消し条件であり、望遠側における2次の色収差を補正するのに必要な条件である。条件式(3)を満たさない場合は、望遠側における球面収差、コマ収差、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式(4)と(5)を満たすときは凸レンズA₂(第4レンズL₄)と第2の凹レンズA₃(第5レンズL₅)の硝材を結ぶ直線の傾きが図23に示す標準線Pbaseの傾きに比べてなだらかなり、2次スペクトルの減少に寄与する。このようにするには、特殊低分散ガラス製の凸レンズA₂(L₄)と第2の凹レンズA₃(L₅)の硝材を条件式(3)と $|P_2 - P_3| < 0.03$ を満たすように選択することによって、所望の構成を得ることができる。

【0044】

ズームレンズ1及び2においては、3枚接合レンズT1の真ん中のレンズA₂(L₄)に特殊低分散ガラスであるFCD1やFCD10を用いることが前提であり、且つ、条件式(4)、(5)を満たすためには、条件式(3)と $|P_2 - P_3| < 0.03$ を満たすよう硝材を選択することが必要である。そのためには、第2の凹レンズA₃(L₅)には

クラウン系で、且つ、図23で標準線Pbaseより上側に位置する硝材を用いることが必要である。なお、条件式(4)、(5)を満たさない場合には、凸レンズA2(L4)の硝材と第2の凹レンズA3(L5)の硝材を結ぶ直線の傾きが図23に示す標準線Pbaseの傾きと同じようになり、2次スペクトルの補正が困難になる。

【0045】

以上のことより、3つのレンズを張り合わせて3枚接合レンズT1を構成するための各レンズの硝材には以下の組み合わせが考えられる。すなわち、第1の凹レンズA1(L3)にはフリント系のFDS90やFDS1を用い、凸レンズA2(L4)には特殊低分散ガラスのFCD1やFCD10を用い、第2の凹レンズA3(L5)にはクラウン系で、且つ、図23の標準線Pbaseより上側に位置するBSC7、C3やCF6などを用いることが考えられる。

【0046】

ここで、注目すべき点は、特殊低分散ガラスを3枚接合レンズT1の凸レンズA2(L4)に用いている点である。特殊低分散ガラスは材質が柔らかく耐潜傷性が低いので、レンズ製造時に行う超音波洗浄において潜傷が発生しやすいが、両面から一般的なガラスから成るレンズA1(L3)、A3(L5)で挟み込むことで、多少の欠落が発生したとしても接着剤で埋めることが可能である。また、特殊低分散ガラスは熱膨張係数が大きいので、レンズコーティングのための蒸着工程において真空中でレンズを加熱し、蒸着後直に空気を流入させると、空気によって急冷されてクラックが発生し易いという問題があるが、両面に一般的なガラスから成るレンズを接着することによってコーティング自体が不要になる。これらの理由によって、大量生産には不向きである特殊低分散ガラスではあるが、これを3枚接合レンズT1の真ん中に使用することによって、量産性に優れたものとすることができる。

【0047】

固定群である第3レンズ群Gr3は、広角端においてはもっとも光束が広がる部分であるので、広角端における球面収差とコマ収差に関して支配的な影響力を有する部分である。従って、ズームレンズ1及び2にあっては、第3レンズ群Gr3を構成する各面のうち、少なくとも1つの面を非球面によって構成すると共に、該非球面によって構成された面のうち、少なくとも1の面を有効径において近軸球面の深さより浅い非球面形状にした。また、ズームレンズ2においては第3レンズ群Gr3の正の屈折力を2つのレンズ群に分けて分担させ、さらに、その一方の群に負の屈折力を有する接合面を設けるようにすることが有効である。そこで、ズームレンズ2にあっては、第3レンズ群Gr3を、凸レンズ(第10レンズL10)と、凸レンズ(第11レンズL11)及び凹レンズ(第12レンズL12)の接合レンズT8とによって構成し、球面収差の発生とコマ収差の発生を抑制するようにしている。

【0048】

広角端における非点収差と歪曲収差の補正に関し、ズームレンズ1及び2にあっては、第4レンズ群Gr4を構成する各面のうちの少なくとも1の面を非球面によって構成すると共に、該非球面によって構成された面のうちの少なくとも1の面を有効径において近軸球面の深さより浅い非球面形状としている。

【0049】

次に、第3、第4及び第5の実施の形態にかかるズームレンズ3、4、5の詳細を説明する。

【0050】

第3の実施の形態及び第4の実施の形態に係るズームレンズ3及び4にあって、第1レンズ群Gr1は、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と、凸レンズの第2レンズL2と、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズL3と、凸レンズの第4レンズL4と、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズL5、凸レンズの第6レンズL6及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第7レンズL7から成る3枚接合レンズT1と、凸レンズの第8レン

ズL8との6群8枚のレンズによって構成される。

【0051】

また、第5の実施の形態に係るズームレンズ5にあって、第1レンズ群Gr1は、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と、凸レンズの第2レンズL2と、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第3レンズL3及び凸レンズの第4レンズL4の接合レンズT2と、物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第5レンズL5、凸レンズの第6レンズL6及び物体側に凹面を向けた凹メニスカスレンズの第7レンズL7から成る3枚接合レンズT1と、凸レンズの第8レンズL8との5群8枚のレンズによって構成される。

【0052】

ズームレンズ4、5及び6において、第2レンズ群Gr2は、物体側から順に配列された、凹レンズの第9レンズL9と、凹レンズの第10レンズL10及び凸レンズの第11レンズL11の接合レンズT3との3枚のレンズによって構成される。

【0053】

第3レンズ群は、物体側から順に配列された、凸レンズの第12レンズL12と、凹レンズの第13レンズ及び凸レンズの第14レンズL14の接合レンズT4との3枚のレンズによって構成される。

【0054】

第4レンズ群Gr4は、物体側から順に配列された、凹レンズの第15レンズL15と、凹レンズの第16レンズL16及び凸レンズの第17レンズL17の接合レンズT5との3枚のレンズによって構成される。

【0055】

第5レンズ群Gr5は、物体側より順に配列された、凸レンズの第18レンズL18と、凸レンズの第19レンズL19及び凹レンズの第20レンズL20の接合レンズT6との3枚のレンズによって構成される。

【0056】

そして、第1レンズ群Gr1は、第1レンズL1乃至第3レンズL3から成る負の屈折力を有する前群と、第4レンズL4乃至第8レンズL8から成る正の屈折力を有する後群とに分けることができる。

【0057】

第1レンズ群Gr1の上記前群は、凹レンズと凸レンズを少なくとも1つずつ有することを特徴とする。物体側から順に配列された凹レンズ（第1レンズL1）と凸レンズ（第2レンズL2）によって、広角域においては、凹レンズによって主光線の傾きを緩くすることで、像面湾曲の補正を容易にすると共に、凸レンズL2の作用で歪曲収差の補正が容易になる。また、望遠側では、第1レンズ群Gr1が正の屈折力を持つことからアンダー側の球面収差が発生しやすいが、物体寄りに配置された凹レンズの作用で、この球面収差の補正を容易にしている。また、第1レンズ群Gr1の前群は、強い負の屈折力を有するにもかかわらず、樽側の歪曲収差の発生を極力抑制するために、第1レンズL1と第3レンズL3が物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズとされており、さらに、広角端における歪曲収差を正の屈折力で補正する必要があるため、凸レンズである第2レンズL2によってこれを補正している。

【0058】

望遠端における色収差の補正及び2次スペクトルの補正には、レンズ系の前群の凸レンズにアッペ数が大きく、異常部分分散性を持つ材質を用いることが効果的であることが公知である。

【0059】

しかしながら、ズームレンズ3、4及び5にあっては、望遠端において、入射光束は3枚接合レンズT1でもっとも拡がるようになっている。従って、望遠端における色収差は3枚接合レンズT1の構成によって支配されるので、3枚接合レンズT1の材質を一般的な望遠レンズにおける2次スペクトルの補正に適した材質とすること、すなわち、上記し

た条件式(1)、(2)、(3)、(4)及び(5)を満足する材質構成を有することが必要である。

【0060】

また、3枚接合レンズT1の凸レンズA2(第6レンズL6)と第2の凹レンズA3(第7レンズL7)を薄肉密着系と考えると、凸レンズA2と第2の凹レンズA3とで1つの仮想の硝材A23とみなすことができる。

【0061】

そこで、上記仮想の硝材A23の焦点距離は上記(6)式によって、そして、分散値は上記(7)式によって求められ、その値を用いて、部分分散比P23は上記(8)式で求められる。

【0062】

そこで、上記したように、図22においては、横軸にアッペ数 v を、縦軸に屈折率 n をとって、また、図23においては、横軸にアッペ数 v を、縦軸に部分分散比 P をとって、HOYA株式会社の製品である硝材の一部を示したとき、図14において硝材C7とF2を通る標準線を $Pbase$ とすると、

$$Pbase = -0.00174906 \times v^{2.3} + 0.64662907$$

となり、

このとき、

$$\Delta P23 = P23 - Pbase$$

である。

【0063】

そこで、図23に示す硝材から凸レンズA2(第6レンズL6)と第2の凹レンズA3(第7レンズL7)の硝材を任意に選び、これら2つの硝材を結ぶ直線が標準線 $Pbase$ の傾きに比べてなだらかなであれば、標準線 $Pbase$ 上で色消しを行ったときより、2次スペクトルは減少する。

【0064】

上記条件式(1)と(2)は、上記したように、1次の色消し条件であり、望遠側における1次の色収差を補正するのに必要な条件である。条件式(1)及び(2)を満たさない場合は、望遠端における色収差が顕著になり、40倍という高変倍率を実現することができなくなる。

【0065】

ズームレンズ3、4及び5においては、3枚接合レンズT1の真ん中のレンズA2(第6レンズL6)に特殊低分散ガラス、例えば、FCD1やFCD10を用いることが前提であり、且つ、条件式(1)、(2)を満たすためには、第1の凹レンズA1(第5レンズL5)には、例えば、フリント系のFDS60、FDS90、TaFD30やFDS1以外の硝材は除外される。

【0066】

上記条件式(3)、(4)、(5)は、上記したように、2次の色消し条件であり、望遠側における2次の色収差を補正するのに必要な条件である。条件式(3)を満たさない場合は、望遠側における球面収差、コマ収差、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式(4)と(5)を満たすときは凸レンズA2(第6レンズL6)と第2の凹レンズA3(第7レンズL7)の硝材を結ぶ直線の傾きが図23に示す標準線 $Pbase$ の傾きに比べてなだらかなり、2次スペクトルの減少に寄与する。このようにするには、特殊低分散ガラス製の凸レンズA2(L6)と第2の凹レンズA3(L7)の硝材を条件式(3)と $|P2 - P3| < 0.03$ を満たすように選択することによって、所望の構成を得ることができる。

【0067】

ズームレンズ3、4及び5においては、3枚接合レンズT1の真ん中のレンズA2(L6)に特殊低分散ガラスであるFCD1やFCD10を用いることが前提であり、且つ、条件式(4)、(5)を満たすためには、条件式(3)と $|P2 - P3| < 0.03$ を満たす

たすよう硝材を選択することが必要である。そのためには、第2の凹レンズA3 (L7) にはクラウン系で、且つ、図23で標準線Pbaseより上側に位置する硝材を用いることが必要である。なお、条件式(4)、(5)を満たさない場合には、凸レンズA2 (L6) の硝材と第2の凹レンズA3 (L7) の硝材を結ぶ直線の傾きが図23に示す標準線Pbaseの傾きと同じようになり、2次スペクトルの補正が困難になる。

【0068】

以上のことより、3つのレンズを張り合わせて3枚接合レンズT1を構成するための各レンズの硝材には以下の組み合わせが考えられる。すなわち、第1の凹レンズA1 (L5) にはフリント系のFDS90やFDS1を用い、凸レンズA2 (L6) には特殊低分散ガラスのFCD1やFCD10を用い、第2の凹レンズA3 (L7) にはクラウン系で、且つ、図23の標準線Pbaseより上側に位置するBSC7、C3やCF6などを用いることが考えられる。

【0069】

ここで、注目すべき点は、特殊低分散ガラスを3枚接合レンズT1の凸レンズA2 (L6) に用いている点である。特殊低分散ガラスは材質が柔らかく耐潜傷性が低いので、レンズ製造時に行う超音波洗浄において潜傷が発生しやすいが、両面から一般的なガラスから成るレンズA1 (L5)、A3 (L7) で挟み込むことで、多少の欠落が発生したとしても接着剤で埋めることが可能である。また、特殊低分散ガラスは熱膨張係数が大きいので、レンズコーティングのための蒸着工程において真空中でレンズを加熱し、蒸着後直に空気を流入させると、空気によって急冷されてクラックが発生し易いという問題があるが、両面に一般的なガラスから成るレンズを接着することによってコーティング自体が不要になる。これらの理由によって、大量生産には不向きである特殊低分散ガラスではあるが、これを3枚接合レンズT1の真ん中に使用することによって、量産性に優れたものとすることができる。

【0070】

広角側における球面収差とコマ収差の補正に関し、ズームレンズ3、4及び5にあっては、第3レンズ群Gr3を構成する第12レンズL12乃至第14レンズL14の各面のうち、少なくとも1の面を非球面によって構成すると共に、該非球面によって構成された面のうち、少なくとも1の面を有効径において近軸球面の深さより浅い非球面形状にした。

【0071】

第2レンズ群Gr2を出た発散光束を収収光束に転じて第4レンズ群Gr4に送る働きをする第3レンズ群Gr3は、強い正の屈折力を有し、また、広角端においてはもっとも光束が広がる部分であるので、広角端における球面収差とコマ収差に関して支配的な影響力を有する部分である。従って、発散光束を収収光束に緩やかに転じさせるためには、第3レンズ群Gr3の正の屈折力を2つのレンズ群に分けて分担させ、さらに、その一方の群に負の屈折力を有する接合面を設けるようにすることが有効である。そこで、ズームレンズ3、4及び5にあっては、第3レンズ群Gr3を、凸レンズ(第12レンズL12)と、凹レンズ(第13レンズL13)及び凸レンズ(第14レンズL14)の接合レンズT4とによって構成し、球面収差の発生とコマ収差の発生を抑制するようにしている。

【0072】

そして、さらに、万全を期するために、上記したように、第12レンズL12乃至第14レンズL14の各面s21乃至s25のうちの少なくとも1の面を非球面とすると共に、該非球面とされた面のうちの少なくとも1の面を有効径において近軸球面の深さより浅い非球面形状にしている。

【0073】

広角端における非点収差と歪曲収差の補正に関し、ズームレンズ3、4及び5にあっては、第5レンズ群Gr5を構成する第18レンズL18乃至第20レンズL20の各面のうちの少なくとも1の面を非球面によって構成すると共に、該非球面によって構成された面のうちの少なくとも1の面を有効径において近軸球面の深さより浅い非球面形状として

いる。

【0074】

第4レンズ群Gr4で外側に跳ね上げられた主光線は、第5レンズ群Gr5において、最大像高より光線高が高くなり、射出瞳が像面より後側になるように第5レンズ群Gr5で折り曲げる必要がある。従って、主光線が緩やかに折れ曲がるようにするために、第5レンズ群Gr5においては、正の屈折力を2つのレンズ群に分けて分担させ、その一方のレンズ群に負の屈折力を有する接合面を設けるようにする。そこで、第5レンズ群Gr5を凸レンズ（第18レンズL18）と、凸レンズ（第19レンズL19）及び凹レンズ（第20レンズL20）の接合レンズT6とによって構成し、非点収差及び歪曲収差の発生を抑制するようにしている。

【0075】

そして、さらに万全を期すために、上記したように、第18レンズL18乃至第20レンズL20の各面s32乃至s35のうちの少なくとも1の面を非球面とすると共に、該非球面とされた面のうちの少なくとも1の面を有効径において近軸球面の深さより浅い非球面形状とした。

【0076】

図21は本発明にかかる撮像装置100の構成例を示すブロック図である。図21において、101はフォーカスレンズ101aやバリエータレンズ101bを備えたズーム可能な撮影レンズ、102はCCDなどの撮像素子、103は画像の補正をするなど各種動作の制御を行う画像制御回路、104は撮像素子102から得られる画像データを記憶する第1の画像メモリ、105は歪曲を補正した画像データを記憶する第2の画像メモリである。106は撮影レンズ101の歪曲収差情報を記憶するデータテーブル、107は撮影者のズームの指示を電気信号に変換するズームスイッチである。

【0077】

なお、上記撮影レンズ101に、例えば、上記各実施の形態にかかるズームレンズ1、2、3、4又は5を適用することができ、その場合、フォーカスレンズ101aは第4レンズ群Gr4に相当し、バリエータレンズ101bは第2レンズ群Gr2に相当する。

【0078】

ズームレンズ101の歪曲収差に関し、図2乃至図4、図6乃至図8、図10乃至図12、図14乃至図16及び図18乃至図20に示すとおり、ズームによって歪曲収差曲線が変化する。従って、歪曲収差の変化はバリエータレンズ101bの位置に依存する。そこで、データテーブル106には、バリエータレンズ101bのある位置における第1の画像メモリ104と第2の画像メモリ105の二次元的な位置情報を関連づける変換座標係数が記憶されており、また、バリエータレンズ101bの位置は広角端から望遠端まで多くの位置に区切られて、各々の位置に対応した変換座標係数がデータテーブル106に記憶されている。

【0079】

撮影者がズームスイッチ107を操作して、バリエータレンズ101bの位置を移動させると、画像制御回路103は、フォーカスレンズ101aを移動させてフォーカスがボケないように制御すると共に、バリエータレンズ101bの位置に対応する変換座標係数をデータテーブル106から受け取る。なお、バリエータレンズ101b位置が予め区切られたいずれかの位置に一致していないときは、その近傍の位置の変換座標係数から補間などの処理により、適切な変換座標係数を得る。変換座標係数は二次元的に離散的に配置された画像上の点の位置を移動させるための係数であるが、離散的に配置された点と点との間の画像に関しては、補間などの処理によって移動すべき位置を求める。画像制御回路103は、撮像素子102から得られた第1の画像メモリ104の情報を、この変換座標係数に基づいて垂直及び水平の画像移動処理を行うことによって歪曲を補正し、該歪曲を補正した画像情報を第2の画像メモリ105に作成し、該第2の画像メモリ105に作成された画像情報に基づく信号を映像信号として出力する。

【0080】

次に、各実施の形態にかかるズームレンズ1、2、3、4及び5の数値実施例について説明する。なお、図1、図5、図9、図13及び図17において、IRは第3レンズ群Gr3の直前に固定された絞り、FLは像面IMGの前に介挿されたフィルタである。

【0081】

各実施の形態において用いられるレンズには、レンズ面が非球面によって構成されるものも含まれる。そこで、非球面形状は、非球面の深さを「x」、光軸からの高さを「H」とすると、

$$x = H^2 / r_i \cdot \{1 + (1 - H^2 / r_i^2)^{1/2}\} + A_4 \cdot H^4 + A_6 \cdot H^6 + A_8 \cdot H^8 + A_{10} \cdot H^{10}$$

によって定義されるものとする。なお、A4、A6、A8及びA10は、それぞれ4次、6次、8次及び10次の非球面係数である。

【0082】

表1に第1の実施の形態にかかるズームレンズ1の数値実施例における各値を示す。

【0083】

【表1】

| s i | r i | d i | n i | v i |
|------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| s 1 | r 1=50.4272 | d 1=0.7143 | n 1=1.58913 | v 1=61.2526 |
| s 2 | r 2=23.1849 | d 2=3.8095 | | |
| s 3 | r 3=34.5194 | d 3=1.4285 | n 2=1.65844 | v 2=50.8546 |
| s 4 | r 4=-78.6878 | d 4=0.0476 | | |
| s 5 | r 5=16.8966 | d 5=0.4520 | n 3=1.84666 | v 3=23.7848 |
| s 6 | r 6=11.4598 | d 6=1.9047 | n 4=1.45650 | v 4=90.2697 |
| s 7 | r 7=-31.6475 | d 7=0.3809 | n 5=1.51680 | v 5=64.1983 |
| s 8 | r 8=164.8605 | d 8=0.0476 | | |
| s 9 | r 9=11.8892 | d 9=1.2455 | n 6=1.69350 | v 6=53.2008 |
| s 10 | r 10=19.4598 | d 10=0.3809 | | |
| s 11 | r 11=34.0912 | d 11=0.3140 | n 7=1.88300 | v 7=40.8054 |
| s 12 | r 12=3.2540 | d 12=1.4285 | | |
| s 13 | r 13=-5.0131 | d 13=0.1905 | n 8=1.77250 | v 8=49.6243 |
| s 14 | r 14=3.6344 | d 14=0.8444 | n 9=1.84666 | v 9=23.7848 |
| s 15 | r 15=-64.4255 | d 15=14.3532 | | |
| s 16 絞り | r 16=∞ | d 16=0.6905 | | |
| s 17 | r 17=4.7618 | d 17=0.8070 | n 10=1.58313 | v 10=59.4596 |
| s 18 | r 18=13.4520 | d 18=3.3226 | | |
| s 19 | r 19=5.8528 | d 19=0.5562 | n 11=1.58313 | v 11=59.4596 |
| s 20 | r 20=-9.7289 | d 20=0.2143 | n 12=1.84666 | v 12=23.7848 |
| s 21 | r 21=5.8251 | d 21=0.7084 | n 13=1.72342 | v 13=37.9941 |
| s 22 | r 22=-5.7626 | d 22=1.7930 | | |
| s 23 | r 23=∞ | d 23=1.5178 | n 14=1.51680 | v 14=64.1983 |
| s 24 | r 24=∞ | d 24=0.5714 | | |
| s 25 | r 25=∞ | d 25=0.2048 | n 15=1.55232 | v 15=63.4241 |
| s 26 | r 26=∞ | d 26=0.3809 | | |
| s 27 | r 27=∞ | d 27=0.3571 | n 16=1.55671 | v 16=58.5624 |
| s 28 | r 28=∞ | d 28=0.3851 | | |

【0084】

上記表1に示すように、ズームレンズ1のズーミング及びフォーカシングに伴う動作によって面間隔d10、d15、d18及びd22は可変(variable)となる。そこで、表2に広角端(f=1.00)、望遠端(f=39.00)及び広角端と望遠端との中間焦点位置(f=19.5)における各値を示す。

【0085】

【表 2】

| | | | |
|------------------|----------|----------|----------|
| 焦点距離 (f) | 1.00 | 19.50 | 39.00 |
| 画角 (2ω) | 67.5 | 3.14 | 1.55 |
| d 10 | 0.38095 | 13.06149 | 14.35356 |
| d 15 | 14.35319 | 1.67256 | 0.38095 |
| d 18 | 3.32261 | 1.73878 | 4.18323 |
| d 22 | 1.79302 | 3.37693 | 0.93203 |

【0086】

また、第1レンズ群Gr1、第3レンズ群Gr3及び第4レンズ群Gr4において第6レンズL6面s9、第10レンズL10の面s17、s18及び第11レンズL11の面s19は非球面に形成されている。表3に上記面s9、s17、s18及びs19の4次、6次、8次、10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を示す。

【0087】

【表 3】

| 非球面係数 | A 4 | A 6 | A 8 | A 10 |
|-------|-----------|-----------|-----------|------------|
| s 9 | 1.27E-05 | 9.63E-08 | 2.87E-09 | -4.03E-011 |
| s 17 | -1.69E-03 | -1.32E-03 | -6.14E-05 | 1.72E-05 |
| s 18 | -8.08E-04 | -1.71E-03 | 2.71E-05 | 1.71E-05 |
| s 19 | -4.19E-03 | 1.07E-04 | -1.58E-04 | 3.44E-05 |

【0088】

なお、上記表3中の「E」は、10を底とする指数表現を意味するものとする（後述する表7、表11、表15及び表19においても同様である）。

【0089】

表4にズームレンズ1の上記条件式(1)乃至(5)の値と、f、Fno及び 2ω の値を示す。

【0090】

【表 4】

| 式番号 | | |
|-----|--------------|-----------|
| (1) | $n1 - n2$ | 0.3901 |
| (2) | $ v1 - v2 $ | 66.49 |
| (3) | $ n2 - n3 $ | 0.0603 |
| (4) | $v23$ | 117.4 |
| (5) | $\Delta P23$ | 0.0925 |
| | f | 1.0~39.00 |
| | Fno | 1.69~4.33 |
| | 2ω | 1.54~67.5 |

【0091】

図2乃至図4にズームレンズ1の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図をそれぞれ示す。なお、球面収差図において、実線はe線、破線はC線（波長656.3nm）、一点鎖線はg線（波長435.8nm）における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである。

【0092】

表5に第2の実施の形態にかかるズームレンズ2の数値実施例における各値を示す。

【0093】

【表5】

| s i | r i | d i | n i | v i |
|------------|----------------|---------------|--------------|--------------|
| s 1 | r 1=43.1956 | d 1=1.1017 | n 1=1.58913 | v 1=61.2526 |
| s 2 | r 2=40.0010 | d 2=4.0001 | | |
| s 3 | r 3=-457.8264 | d 3=1.5000 | n 2=1.65844 | v 2=50.8546 |
| s 4 | r 4=-56.2690 | d 4=0.9000 | | |
| s 5 | r 5=14.2791 | d 5=0.9000 | n 3=1.92286 | v 3=20.8835 |
| s 6 | r 6=11.5003 | d 6=2.9194 | n 4=1.45650 | v 4=90.2697 |
| s 7 | r 7=-21.2417 | d 7=0.4000 | n 5=1.51680 | v 5=64.1983 |
| s 8 | r 8=595.1446 | d 8=0.0500 | | |
| s 9 | r 9=12.1720 | d 9=1.1456 | n 6=1.71300 | v 6=53.9389 |
| s 10 | r 10=14.6323 | d 10=0.4000 | | |
| s 11 | r 11=20.4083 | d 11=0.2250 | n 7=1.88300 | v 7=40.8054 |
| s 12 | r 12=3.1099 | d 12=1.5000 | | |
| s 13 | r 13=-3.1147 | d 13=0.2000 | n 8=1.77250 | v 8=49.6243 |
| s 14 | r 14=3.5001 | d 14=0.7220 | n 9=1.84666 | v 9=23.7848 |
| s 15 | r 15=-27.8718 | d 15=15.6859 | | |
| s 16 絞り | r 16= ∞ | d 16=0.7250 | | |
| s 17 | r 17=5.6740 | d 17=0.7000 | n 10=1.58313 | v 10=59.4596 |
| s 18 | r 18=-10.6219 | d 18=0.4000 | | |
| s 19 | r 19=8.3468 | d 19=1.0000 | n 11=1.51680 | v 11=64.1983 |
| s 20 | r 20= ∞ | d 20=0.6362 | n 12=1.84666 | v 12=23.7848 |
| s 21 | r 21=5.7586 | d 21=4.6364 | | |
| s 22 | r 22=4.4476 | d 22=0.7570 | n 13=1.48749 | v 13=70.4412 |
| s 23 | r 23=-6.2578 | d 23=0.4274 | | |
| s 24 | r 24= ∞ | d 24=1.5937 | n 14=1.51680 | v 14=64.1983 |
| s 25 | r 25= ∞ | d 25=0.6000 | | |
| s 26 | r 26= ∞ | d 26=0.2150 | n 15=1.55232 | v 15=63.4241 |
| s 27 | r 27= ∞ | d 27=0.4000 | | |
| s 28 | r 28= ∞ | d 28=0.3750 | n 16=1.55671 | v 16=58.5624 |
| s 29 | r 29= ∞ | d 29=0.398199 | | |

【0094】

上記表5に示すように、ズームレンズ2のズーミング及びフォーカシングに伴う動作によって面間隔d10、d15、d21及びd23は可変(variable)となる。そこで、表6に広角端($f=1.00$)、望遠端($f=40.00$)及び広角端と望遠端との中間焦点位置($f=20.00$)におけるd10、d15、d21及びd23の各値を示す。

【0095】

【表6】

| 焦点距離 (f) | 1.00 | 20.00 | 40.00 |
|------------------|----------|----------|----------|
| 画角 (2ω) | 69.2 | 3.24 | 1.60 |
| d 10 | 0.40001 | 14.20236 | 15.68574 |
| d 15 | 15.68586 | 1.8835 | 0.40001 |
| d 21 | 4.6364 | 0.8516 | 1.93045 |
| d 23 | 0.42737 | 4.21218 | 3.13345 |

【0096】

また、第1レンズ群Gr1、第3レンズ群Gr3及び第4レンズ群Gr4において、第6レンズL6の面s10、第10レンズL10の面s17、s18及び第13レンズL13の面s21、s23は非球面に形成されている。表7に上記面s10、s17、s18、s21及びs23の4次、6次、8次、10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を示す。

【0097】

【表7】

| 非球面係数 | A4 | A6 | A8 | A10 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| s9 | 1.20E-06 | -1.52E-07 | 9.54E-09 | -1.70E-10 |
| s17 | 5.34E-04 | -3.68E-04 | 1.36E-04 | 1.71E-05 |
| s18 | 2.33E-03 | -4.69E-04 | 1.88E-04 | 1.04E-05 |
| s22 | -5.42E-04 | 4.06E-05 | -1.81E-04 | 1.09E-04 |
| s23 | 3.35E-03 | -7.96E-05 | -1.13E-04 | 9.91E-05 |

【0098】

表8にズームレンズ2の上記条件式(1)乃至(5)の値と、f、Fno及び 2ω の値を示す。

【0099】

【表8】

| 式番号 | | |
|-----|--------------|-----------|
| (1) | $n1 - n2$ | 20.4664 |
| (2) | $ v1 - v2 $ | 69.39 |
| (3) | $ n2 - n3 $ | 0.0603 |
| (4) | v23 | 173.6 |
| (5) | $\Delta P23$ | 0.1901 |
| | f | 1.0~40.00 |
| | Fno | 2.22~4.00 |
| | 2ω | 1.6~69.2 |

【0100】

図6乃至図8にズームレンズ2の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図をそれぞれ示す。なお、球面収差図において、実線はe線、破線はC線(波長656.3nm)、一点鎖線はg線(波長435.8nm)における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである。

【0101】

表9に第3の実施の形態にかかるズームレンズ3の数値実施例における各値を示す。

【0102】

【表 9】

| s i | r i | d i | n i | v i |
|--------------|----------------|--------------|--------------|-----------|
| s 1 | r 1=135.0548 | d 1=1.6367 | n 1=1.58913 | v 1=61.3 |
| s 2 | r 2=21.9858 | d 2=6.3098 | | |
| s 3 | r 3=87.9983 | d 3=2.7379 | n 2=1.65844 | v 2=50.9 |
| s 4 | r 4=-151.9657 | d 4=0.2842 | | |
| s 5 | r 5=54.8202 | d 5=1.0690 | n 3=1.69680 | v 3=55.5 |
| s 6 | r 6=27.0625 | d 6=6.3819 | | |
| s 7 | r 7=55.0902 | d 7=2.9200 | n 4=1.48749 | v 4=70.4 |
| s 8 | r 8=-47.7401 | d 8=0.3016 | | |
| s 9 | r 9=22.1424 | d 9=0.9025 | n 5=1.84666 | v 5=23.8 |
| s 10 | r 10=15.9194 | d 10=5.1095 | n 6=1.45650 | v 6=90.3 |
| s 11 | r 11=-22.6561 | d 11=0.6837 | n 7=1.51680 | v 7=64.2 |
| s 12 | r 12=-124.6613 | d 12=0.3247 | | |
| s 13 | r 13=15.9313 | d 13=2.3449 | n 8=1.48749 | v 8=70.4 |
| s 14 | r 14=-183.8100 | d 14=0.5368 | | |
| s 15 | r 15=91.4222 | d 15=0.2735 | n 9=1.88300 | v 9=40.8 |
| s 16 | r 16=3.6956 | d 16=1.0809 | | |
| s 17 | r 17=-4.6904 | d 17=0.9454 | n 10=1.77250 | v 10=49.6 |
| s 18 | r 18=3.3394 | d 18=1.6882 | n 11=1.84666 | v 11=23.8 |
| s 19 | r 19=45.5199 | d 19=14.8645 | | |
| s 20 絞り | r 20= ∞ | d 20=0.6047 | | |
| s 21 | r 21=11.1968 | d 21=1.3505 | n 12=1.58913 | v 12=61.3 |
| s 22 | r 22=-10.4032 | d 22=0.2665 | | |
| s 23 | r 23=11.0257 | d 23=0.5414 | n 13=1.84666 | v 13=23.8 |
| s 24 | r 24=5.2712 | d 24=1.3392 | n 14=1.58913 | v 14=61.3 |
| s 25 | r 25=-13.1584 | d 25=0.4727 | | |
| s 26 | r 26=-12.2901 | d 26=0.4840 | n 15=1.80420 | v 15=46.5 |
| s 27 | r 27=11.4654 | d 27=0.6227 | | |
| s 28 | r 28=-14.1912 | d 28=1.4856 | n 16=1.64769 | v 16=33.8 |
| s 29 | r 29=4.9588 | d 29=1.4856 | n 17=1.84666 | v 17=23.8 |
| s 30 | r 30=165.9091 | d 30=6.8242 | | |
| s 31 | r 31=13.0236 | d 31=1.5531 | n 18=1.48749 | v 18=70.4 |
| s 32 | r 32=-8.8958 | d 32=0.3449 | | |
| s 33 | r 33=5.1931 | d 33=2.0490 | n 19=1.58913 | v 19=61.3 |
| s 34 | r 34=-4.9541 | d 34=0.7020 | n 20=1.84666 | v 20=23.8 |
| s 35 | r 35=-146.0034 | d 35=1.2800 | | |
| s 36 フィルタ | r 36= ∞ | d 36=1.6731 | n FL=1.51680 | v FL=64.2 |
| s 37 フィルタ | r 37= ∞ | | | |

【0103】

上記表 9 に示すように、ズームレンズ 3 のズーミング及びフォーカシングに伴う動作によって、面間隔 d_{14} 、 d_{19} 、 d_{25} 及び d_{30} は可変 (variable) となる。そこで、表 10 に広角端 ($f=1.00$)、望遠端 ($f=39.02$) 及び広角端と望遠端との中間焦点位置 ($f=17.45$) における d_{14} 、 d_{19} 、 d_{25} 及び d_{30} の各値を示す。

【0104】

【表 10】

| | | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| 焦点距離 (f) | 1.00 | 17.45 | 39.02 |
| 画角 (2 ω) | 82.95 | 5.71 | 2.50 |
| d 14 | 0.5368 | 12.8688 | 14.1923 |
| d 19 | 14.8645 | 2.5320 | 1.2091 |
| d 25 | 0.4727 | 5.5619 | 3.5454 |
| d 30 | 6.8242 | 1.7355 | 3.7528 |

【0105】

また、第3レンズ群Gr3及び第5レンズ群Gr5において第13レンズL13の面s21及び第19レンズL19の面s33は非球面に形成されている。表11に上記面s21及びs33の4次、6次、8次、10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を示す。

【0106】

【表 11】

| 非球面係数 | A 4 | A 6 | A 8 | A 10 |
|-------|------------|------------|-----------|------------|
| s 21 | -6.270E-04 | -1.815E-05 | 3.070E-06 | -1.531E-07 |
| s 33 | 1.307E-04 | -4.900E-05 | 1.077E-05 | -2.187E-07 |

【0107】

表12にズームレンズ1の上記条件式(1)乃至(5)の値と、f、Fno及び2 ω の値を示す。

【0108】

【表 12】

| 式番号 | | |
|-----|--------------|------------|
| (1) | $n1 - n2$ | 0.3902 |
| (2) | $ v1 - v2 $ | 66.5 |
| (3) | $ n2 - n3 $ | 0.0603 |
| (4) | $v23$ | 119.1 |
| (5) | $\Delta P23$ | 0.0955 |
| | f | 1.0~39.02 |
| | Fno | 1.87~3.50 |
| | 2 ω | 2.50~82.95 |

【0109】

図10乃至図12にズームレンズ1の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図をそれぞれ示す。なお、球面収差図において、実線はe線、破線はC線(波長656.3nm)、一点鎖線はg線(波長435.8nm)における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである。

【0110】

表13に第4の実施の形態にかかるズームレンズ4の数値実施例における各値を示す。

【0111】

【表13】

| s i | r i | d i | n i | v i |
|------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| s 1 | r 1=66.2882 | d 1=1.6539 | n 1=1.58913 | v 1=61.3 |
| s 2 | r 2=20.6541 | d 2=6.4156 | | |
| s 3 | r 3=49.1034 | d 3=3.3840 | n 2=1.65844 | v 2=50.9 |
| s 4 | r 4=-572.0262 | d 4=0.2347 | | |
| s 5 | r 5=58.5826 | d 5=1.0650 | n 3=1.6980 | v 3=55.5 |
| s 6 | r 6=24.3020 | d 6=5.8909 | | |
| s 7 | r 7=46.5948 | d 7=3.3143 | n 4=1.48749 | v 4=70.4 |
| s 8 | r 8=-66.8306 | d 8=0.3892 | | |
| s 9 | r 9=24.7720 | d 9=0.5195 | n 5=1.84666 | v 5=23.8 |
| s 10 | r 10=16.7406 | d 10=5.3035 | n 6=1.49700 | v 6=81.6 |
| s 11 | r 11=-22.2555 | d 11=0.5454 | n 7=1.51680 | v 7=64.2 |
| s 12 | r 12=-115.7020 | d 12=0.2226 | | |
| s 13 | r 13=15.1221 | d 13=2.2851 | n 8=1.48749 | v 8=70.4 |
| s 14 | r 14=-251.5416 | d 14=0.4697 | | |
| s 15 | r 15=-176.6693 | d 15=0.2684 | n 9=1.88300 | v 9=40.8 |
| s 16 | r 16=3.7243 | d 16=1.0796 | | |
| s 17 | r 17=-4.9431 | d 17=0.8723 | n 10=1.77250 | v 10=49.6 |
| s 18 | r 18=3.1824 | d 18=1.5335 | n 11=1.84666 | v 11=23.8 |
| s 19 | r 19=42.0484 | d 19=14.5700 | | |
| s 20 | r 20= ∞ (絞り) | d 20=0.6009 | | |
| s 21 | r 21=10.9772 | d 21=1.3420 | n 12=1.58913 | v 12=61.3 |
| s 22 | r 22=-10.1735 | d 22=0.1715 | | |
| s 23 | r 23=12.1984 | d 23=0.5412 | n 13=1.84666 | v 13=23.8 |
| s 24 | r 24=5.2935 | d 24=1.3420 | n 14=1.58913 | v 14=61.3 |
| s 25 | r 25=-11.5611 | d 25=0.4760 | | |
| s 26 | r 26=-11.1945 | d 26=0.5625 | n 15=1.80420 | v 15=46.5 |
| s 27 | r 27=12.9747 | d 27=0.7027 | | |
| s 28 | r 28=-9.2151 | d 28=1.4091 | n 16=1.64769 | v 16=33.8 |
| s 29 | r 29=5.1631 | d 29=1.4091 | n 17=1.84666 | v 17=23.8 |
| s 30 | r 30=-46.6994 | d 30=7.1656 | | |
| s 31 | r 31=12.3391 | d 31=1.5433 | n 18=1.48749 | v 18=70.4 |
| s 32 | s 32=-10.7894 | d 32=0.5325 | | |
| s 33 | s 33=5.2113 | d 33=2.2467 | n 19=1.58913 | v 19=61.3 |
| s 34 | s 34=-4.2705 | d 34=0.6855 | n 20=1.84666 | v 20=23.8 |
| s 35 | s 35=-31.8581 | d 35=1.2719 | | |
| s 36 | s 36= ∞ (フィルタ) | d 36=1.6625 | n FL=1.51680 | v FL=64.2 |
| s 37 | s 37= ∞ (フィルタ) | d 37=0.7970 | | |
| | | 0.0000 | | |

【0112】

上記表13に示すように、ズームレンズ4のズーミング及びフォーカシングに伴う動作によって面間隔d14、d19、d25及びd30は可変(variable)となる。そこで、表14に広角端(f=1.00)、望遠端(f=39.13)及び広角端と望遠端との中間焦点位置(f=19.56)におけるd14、d19、d25及びd30の各値を示す。

【0113】

【表 14】

| | | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| 焦点距離 (f) | 1.00 | 19.56 | 39.13 |
| 画角 (2ω) | 82.21 | 5.08 | 2.46 |
| d 14 | 0.5368 | 12.8688 | 14.1923 |
| d 19 | 14.8645 | 2.5320 | 1.2091 |
| d 25 | 0.4727 | 5.5619 | 3.5454 |
| d 30 | 6.8242 | 1.7355 | 3.7528 |

【0114】

また、第3レンズ群 Gr 3 及び第5レンズ群 Gr 5 において、第13レンズ L 13 の面 s 21 及び第19レンズ L 19 の面 s 33 は非球面に形成されている。表 15 に上記面 s 21 及び s 33 の4次、6次、8次、10次の非球面係数 A 4、A 6、A 8、A 10 を示す。

【0115】

【表 15】

| | | | | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| 非球面係数 | A 4 | A 6 | A 8 | A 10 |
| s 21 | -6.546E-04 | -2.577E-05 | 4.316E-06 | -2.326E-07 |
| s 33 | 1.882E-04 | 1.641E-05 | -1.887E-06 | 1.300E-06 |

【0116】

表 16 にズームレンズ 4 の上記条件式 (1) 乃至 (5) の値と、f、Fno 及び 2ω の値を示す。

【0117】

【表 16】

| | | |
|-----|---------------|------------|
| 式番号 | | |
| (1) | $n1 - n2$ | 0.3497 |
| (2) | $ v1 - v2 $ | 57.8 |
| (3) | $ n2 - n3 $ | 0.0198 |
| (4) | v 23 | 87.8 |
| (5) | $\Delta P 23$ | 0.0396 |
| | f | 1.0~39.02 |
| | Fno | 1.88~3.00 |
| | 2ω | 2.45~83.03 |

【0118】

図 14 乃至図 16 にズームレンズ 4 の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図をそれぞれ示す。なお、球面収差図において、実線は e 線、破線は C 線 (波長 656.3 nm)、一点鎖線は g 線 (波長 435.8 nm) における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである。

【0119】

表 17 に第 5 の実施の形態にかかるズームレンズ 5 の数値実施例における各値を示す。

【0120】

【表 17】

| s i | r i | d i | n i | v i |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|
| s 1 | r 1=138.4722 | d 1=1.8107 | n 1=1.58913 | v 1=61.3 |
| s 2 | r 2=22.4749 | d 2=9.5463 | | |
| s 3 | r 3=204.2751 | d 3=4.7628 | n 2=1.65844 | v 2=50.9 |
| s 4 | r 4=-77.7380 | d 4=6.0572 | | |
| s 5 | r 5=41.8463 | d 5=0.8308 | n 3=1.88300 | v 3=40.8 |
| s 6 | r 6=21.4914 | d 6=3.7774 | n 4=1.48749 | v 4=70.4 |
| s 7 | r 7=-88.7216 | d 7=0.0692 | | |
| s 8 | r 8=23.0428 | d 8=0.6777 | n 5=1.84666 | v 5=23.8 |
| s 9 | r 9=17.7950 | d 9=4.0167 | n 6=1.45650 | v 6=90.3 |
| s 10 | r 10=-30.0894 | d 10=0.4154 | n 7=1.51680 | v 7=64.2 |
| s 11 | r 11=-1498.1836 | d 11=0.0692 | | |
| s 12 | r 12=17.1194 | d 12=2.3660 | n 8=1.48749 | v 8=70.4 |
| s 13 | r 13=-159.8185 | d 13=0.4847 | | |
| s 14 | r 14=61.0411 | d 14=0.2769 | n 9=1.88300 | v 9=40.8 |
| s 15 | r 15=3.8574 | d 15=1.2958 | | |
| s 16 | r 16=-5.0162 | d 16=1.0385 | n 10=1.77250 | v 10=49.6 |
| s 17 | r 17=3.5572 | d 17=1.5652 | n 11=1.84666 | v 11=23.8 |
| s 18 | r 18=49.6140 | d 18=15.8004 | | |
| s 19 絞り | r 19= ∞ | d 19=0.6200 | | |
| s 20 | r 20=10.7776 | d 20=2.1463 | n 12=1.58913 | v 12=61.3 |
| s 21 | r 21=-13.2443 | d 21=0.2769 | | |
| s 22 | r 22=12.0398 | d 22=1.1230 | n 13=1.84666 | v 13=23.8 |
| s 23 | r 23=5.2197 | d 23=1.4341 | n 14=1.58913 | v 14=61.3 |
| s 24 | r 24=-11.6001 | d 24=0.4847 | | |
| s 25 | r 25=-15.6400 | d 25=0.2769 | n 15=1.80420 | v 15=46.5 |
| s 26 | r 26=15.5021 | d 26=0.2883 | | |
| s 27 | r 27=-28.0035 | d 27=0.2769 | n 16=1.64769 | v 16=33.8 |
| s 28 | r 28=4.1174 | d 28=0.6246 | n 17=1.84666 | v 17=23.8 |
| s 29 | r 29=16.4185 | d 29=6.5532 | | |
| s 30 | r 30=14.9482 | d 30=0.9614 | n 18=1.48749 | v 18=70.4 |
| s 31 | r 31=-10.0348 | d 31=0.0692 | | |
| s 32 | r 32=4.4209 | d 32=1.5644 | n 19=1.58913 | v 19=61.3 |
| s 33 | r 33=-7.2877 | d 33=0.2769 | n 20=1.84666 | v 20=23.8 |
| s 34 | r 34=125.4468 | d 34=1.3124 | | |
| s 35 フィルタ | r 35= ∞ | d 35=1.7154 | n FL=1.51680 | v FL=64.2 |
| s 36 フィルタ | r 36= ∞ | | | |

【0121】

上記表 17 に示すように、ズームレンズ 5 のズーミング及びフォーカシングに伴う動作によって面間隔 d_{13} 、 d_{18} 、 d_{24} 及び d_{29} は可変 (variable) となる。そこで、表 18 に広角端 ($f=1.00$)、望遠端 ($f=40.08$) 及び広角端と望遠端との中間焦点位置 ($f=20.01$) における d_{13} 、 d_{18} 、 d_{24} 及び d_{29} の各値を示す。

【0122】

【表 18】

| | | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| 焦点距離 (f) | 1.00 | 20.1 | 40.08 |
| 画角 (2ω) | 87.93 | 5.71 | 2.51 |
| d 14 | 0.4847 | 13.8656 | 15.5227 |
| d 18 | 15.8004 | 2.4194 | 0.7616 |
| d 24 | 0.4847 | 5.8630 | 0.6428 |
| d 29 | 6.5532 | 1.1770 | 6.4017 |

【0123】

また、第3レンズ群Gr3及び第5レンズ群Gr5において、第13レンズL13の面s20及び第19レンズL19の面s32は非球面に形成されている。表19に上記面s20及びs32の4次、6次、8次、10次の非球面係数A4、A6、A8、A10を示す。

【0124】

【表 19】

| 非球面係数 | A 4 | A 6 | A 8 | A 10 |
|-------|------------|------------|-----------|------------|
| s 20 | -5.873E-04 | -1.478E-05 | 1.957E-06 | -7.235E-08 |
| s 32 | 1.087E-04 | -1.617E-04 | 3.288E-05 | -2.183E-06 |

【0125】

表20にズームレンズ5の上記条件式(1)乃至(5)の値と、f、Fno及び 2ω の値を示す。

【0126】

【表 20】

| 式番号 | | |
|-----|--------------|-----------|
| (1) | $n1 - n2$ | 0.3902 |
| (2) | $ v1 - v2 $ | 66.5 |
| (3) | $ n2 - n3 $ | 0.0603 |
| (4) | v23 | 128.7 |
| (5) | $\Delta P23$ | 0.1122 |
| | f | 1.0~40.08 |
| | Fno | 1.82~3.41 |
| | 2ω | 2.51~87.9 |

【0127】

図18乃至図20にズームレンズ5の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図をそれぞれ示す。なお、球面収差図において、実線はe線、破線はC線(波長656.3nm)、一点鎖線はg線(波長435.8nm)における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである。

【0128】

以上に記載したように、本発明は、40倍程度のズーム比を備え、画角は広角端においては67度以上、望遠端においては1.6度以下と超広角域から超望遠域までをカバーしつつ、各種収差の補正が良好に為され、さらに、量産性に優れたズームレンズ、特に、民

生用のビデオカメラ用として好適なズームレンズ及び撮像装置を提供することができる。

【0129】

なお、上記した各実施の形態において示した各部の形状や数値は、何れも本発明を実施するに際して行う具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって、本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【産業上の利用可能性】

【0130】

超広角から超望遠までをカバーしつつ各種収差が良好に補正され、さらに量産性に優れ、特に民生用のビデオカメラ用ズームレンズ及びビデオカメラに使用するのに好適である。

【図面の簡単な説明】

【0131】

【図1】図2乃至図4と共に本発明ズームレンズの第1の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図2】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図3】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図4】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図5】図6乃至図8と共に本発明ズームレンズの第2の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図6】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図7】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図8】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図9】図10乃至図12と共に本発明ズームレンズの第3の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図10】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図11】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図12】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図13】図14乃至図16と共に本発明ズームレンズの第4の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図14】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図15】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図16】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図17】図18乃至図20と共に本発明ズームレンズの第5の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図18】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図19】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図20】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図21】本発明撮像装置の実施の形態を示す要部のブロック図である。


【図22】市販されている硝材の幾つかを縦軸に屈折率を、横軸にアッペ数を取って分布させた図である。

【図23】市販されている硝材の幾つかを縦軸に部分分散比を、横軸にアッペ数を取って分布させ、且つ、標準線を表示した図である。

【符号の説明】

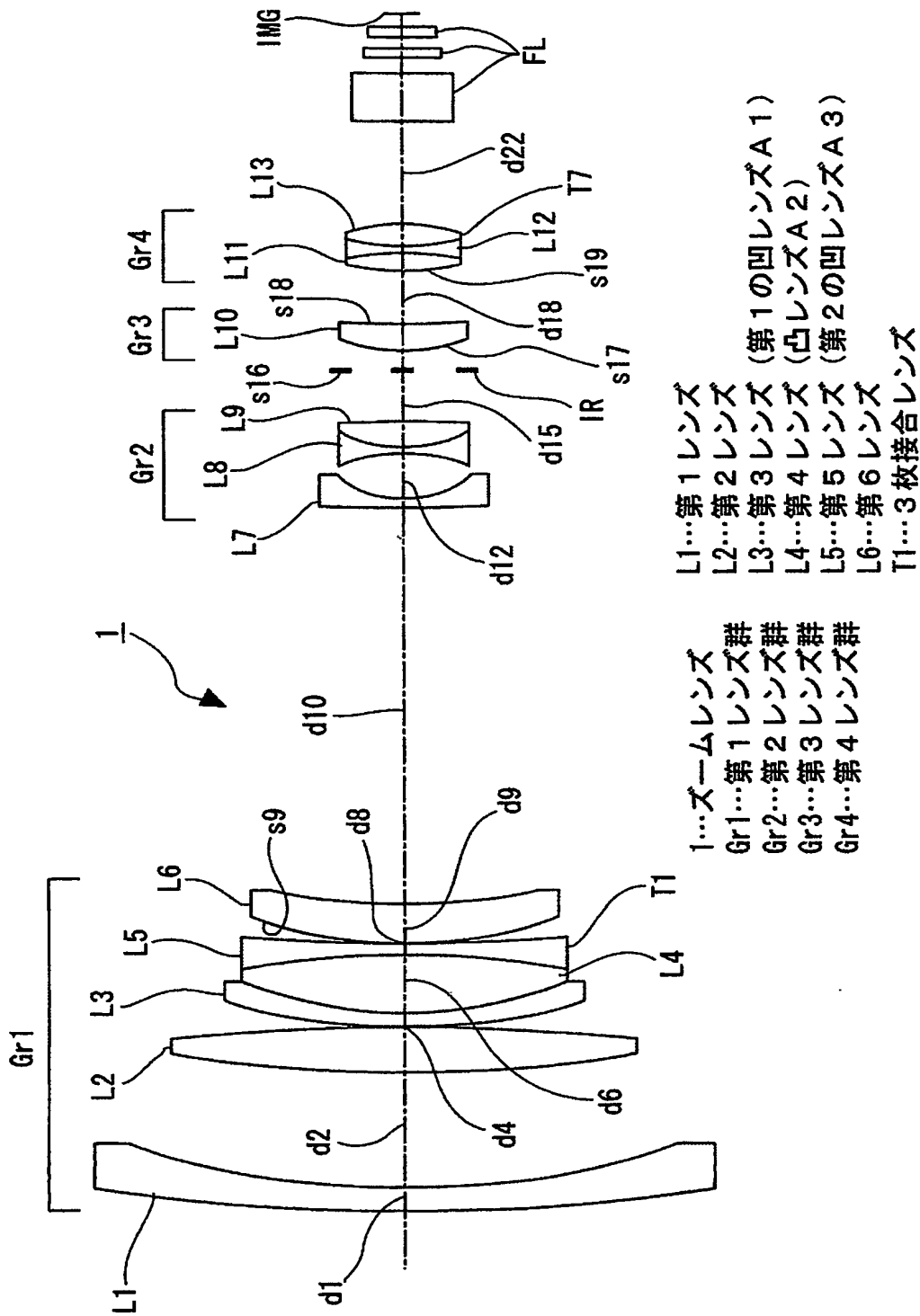
【0132】

1…ズームレンズ、2…ズームレンズ、Gr1…第1レンズ群、Gr2…第2レンズ群

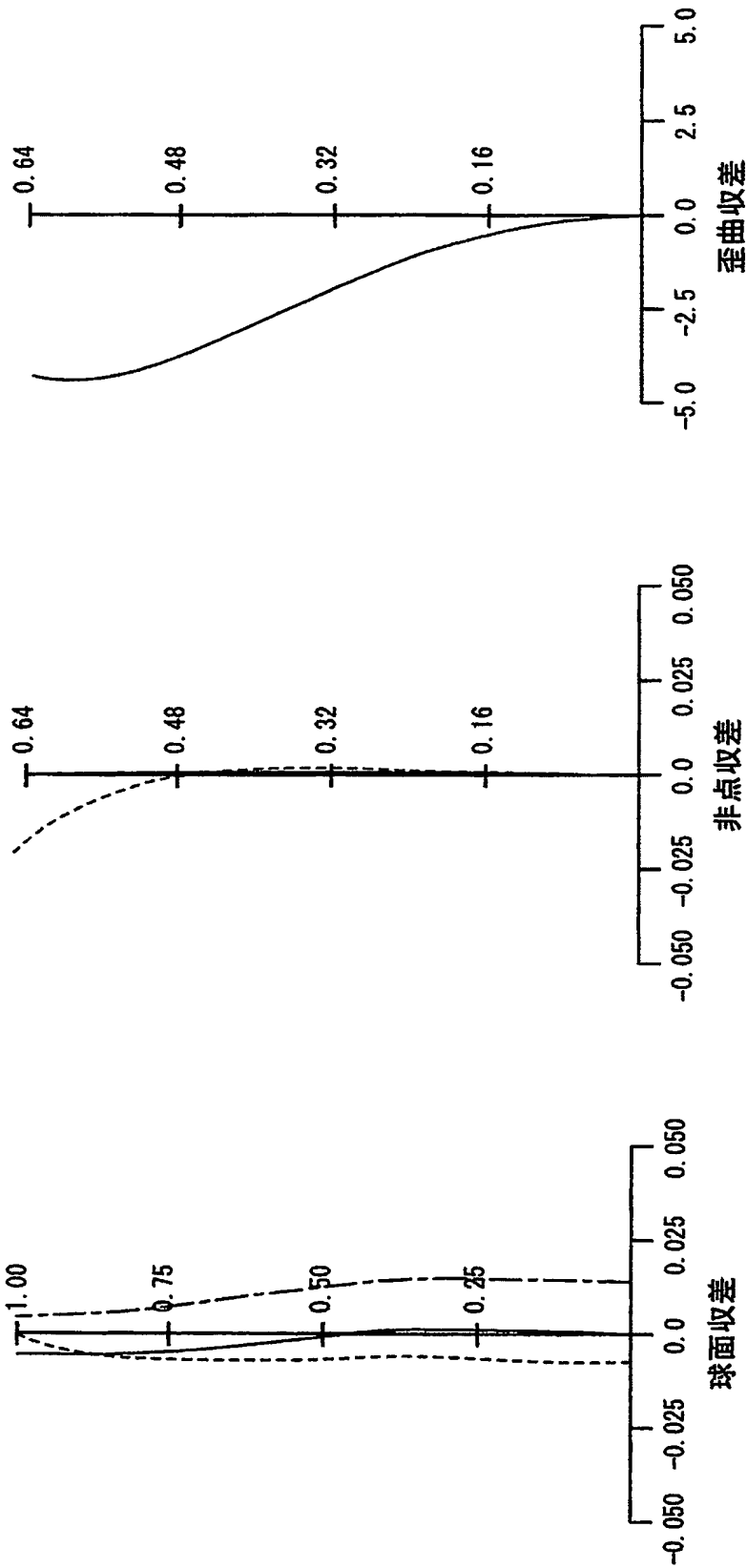


、Gr 3…第3レンズ群、Gr 4…第4レンズ群、L 1…第1レンズ、L 2…第2レンズ、L 3…第3レンズ（第1の凹レンズA 1）、L 4…第4レンズ（凸レンズA 2）、L 5…第5レンズ（第2の凹レンズA 3）、L 6…第6レンズ、T 1…3枚接合レンズ、3…ズームレンズ、4…ズームレンズ、5…ズームレンズ、Gr 1…第1レンズ群、Gr 2…第2レンズ群、Gr 3…第3レンズ群、Gr 4…第4レンズ群、Gr 5…第5レンズ群、L 1…第1レンズ、L 2…第2レンズ、L 3…第3レンズ、L 4…第4レンズ、L 5…第5レンズ（第1の凹レンズA 1）、L 6…第6レンズ（凸レンズA 2）、L 7…第7レンズ（第2の凹レンズA 3）、L 8…第8レンズ、T 1…3枚接合レンズ、100…撮像装置、101…撮影レンズ（ズームレンズ）、102…撮像素子（撮像手段）、103…画像制御回路（画像制御手段）

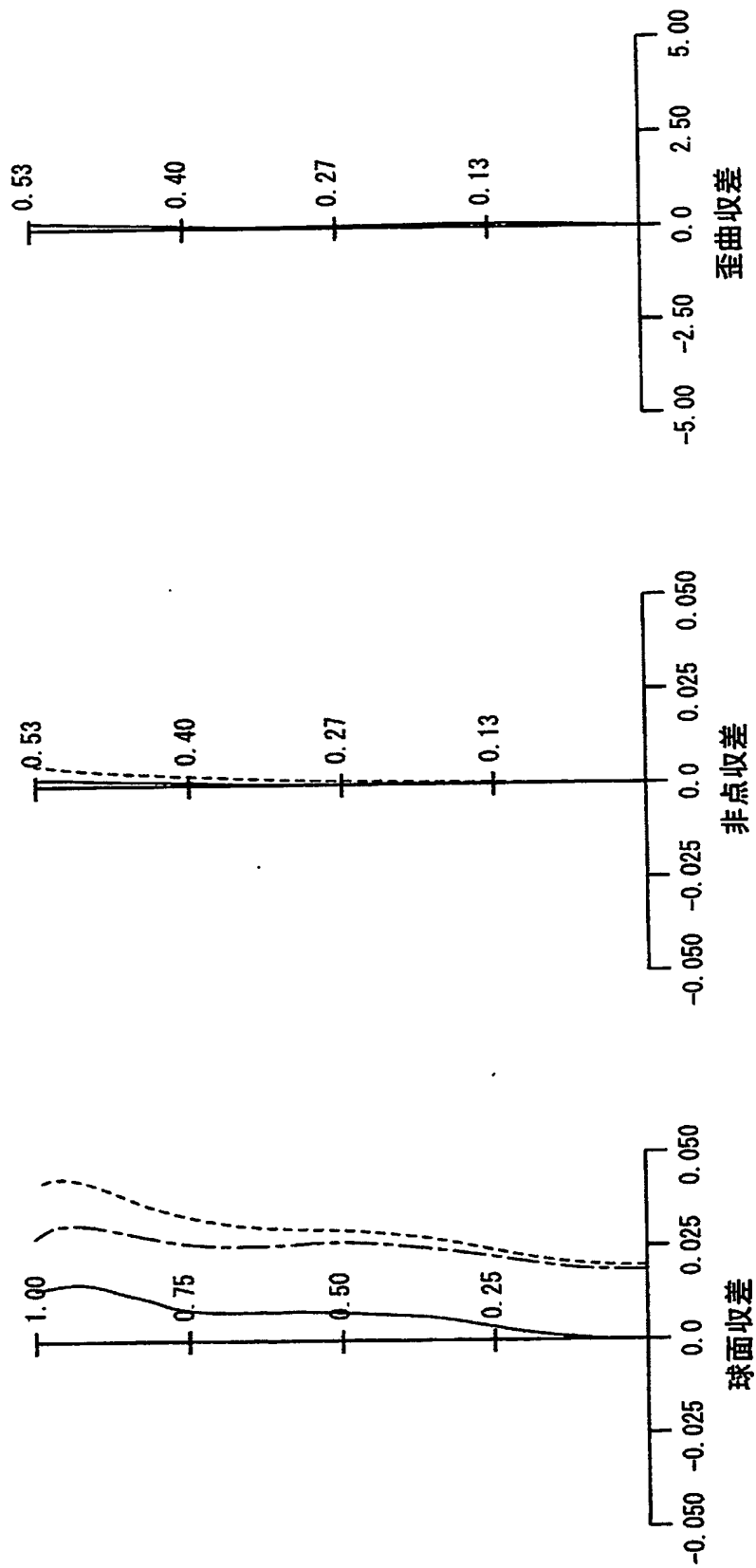
【書類名】 図面
【図1】



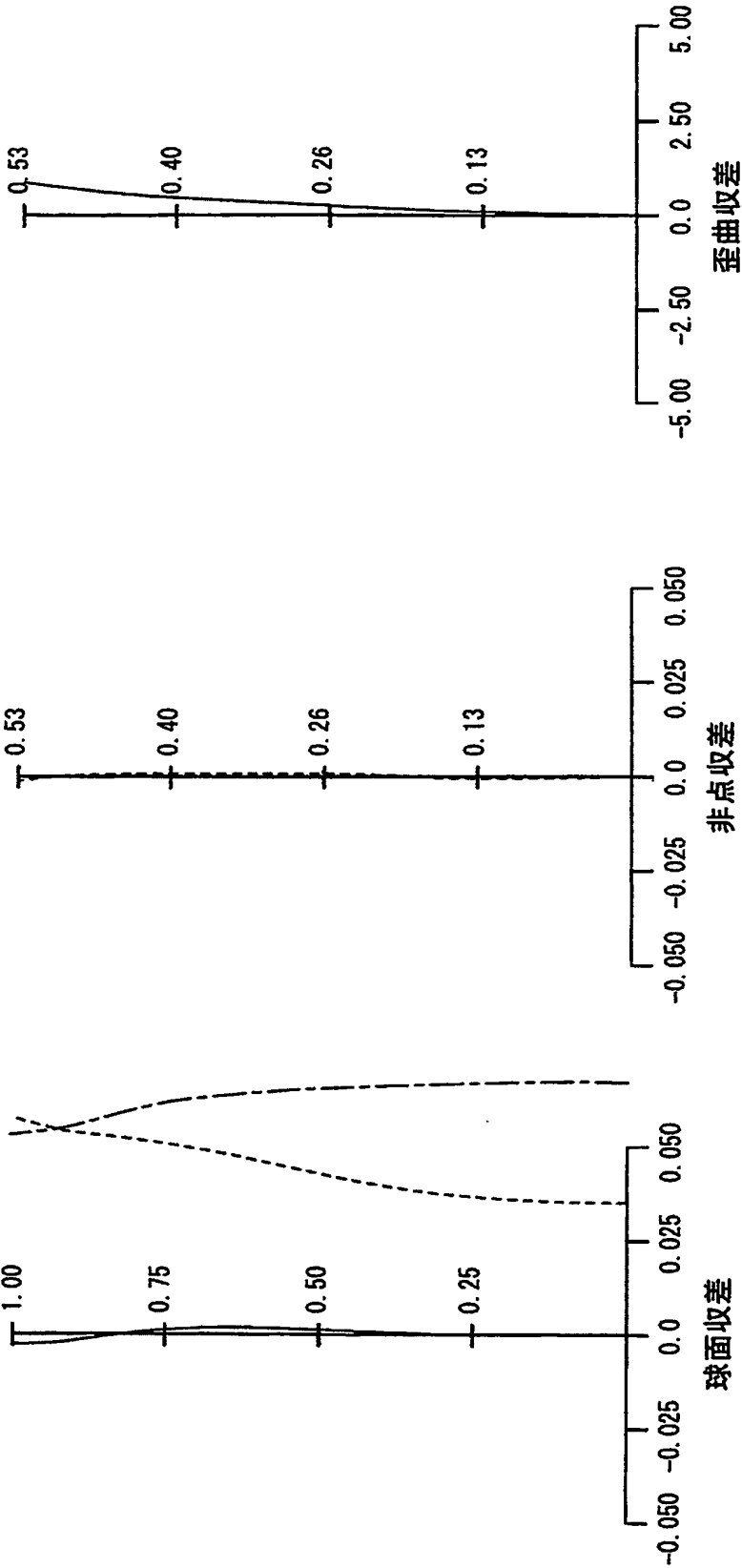
【図 2】



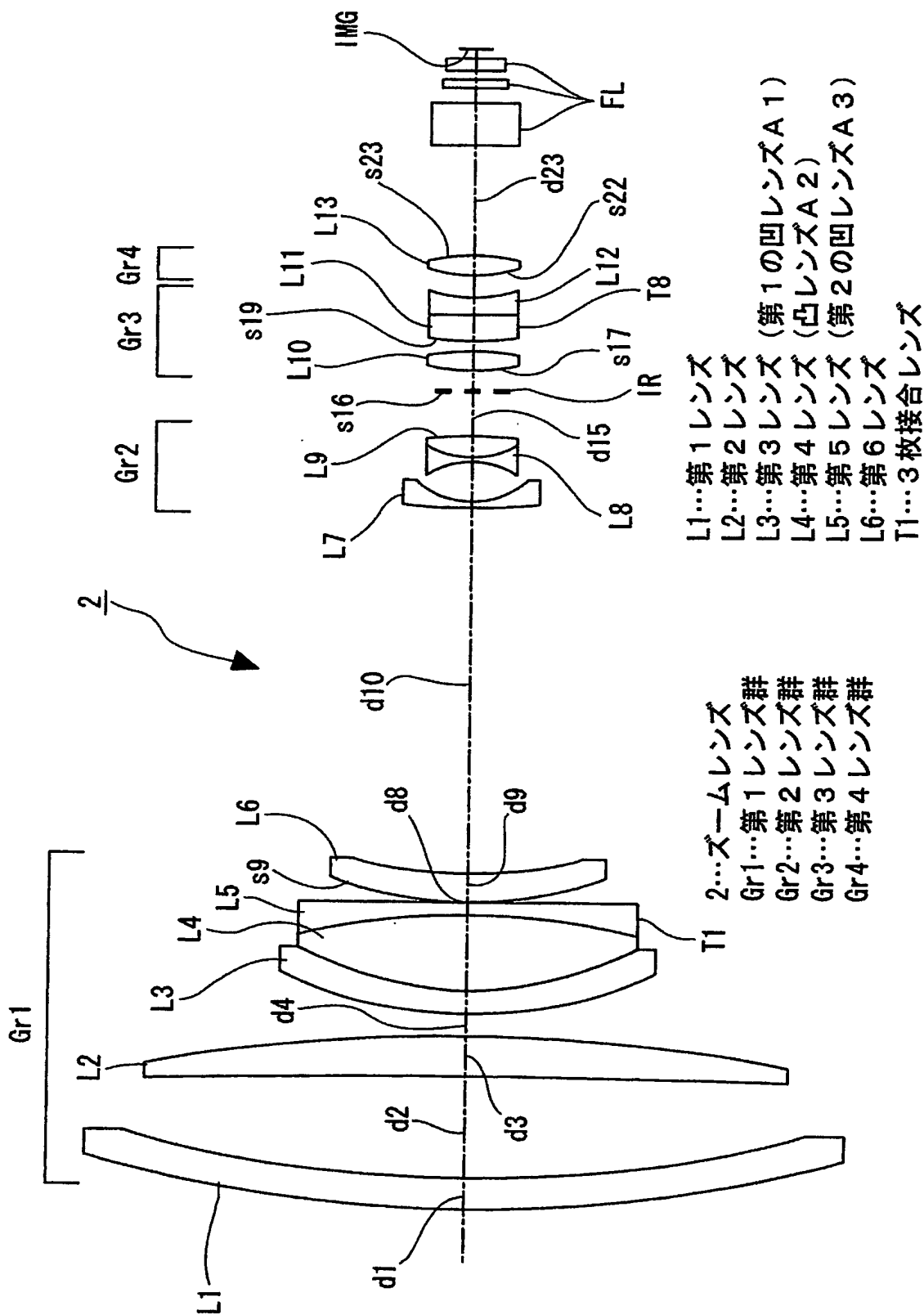
【図3】



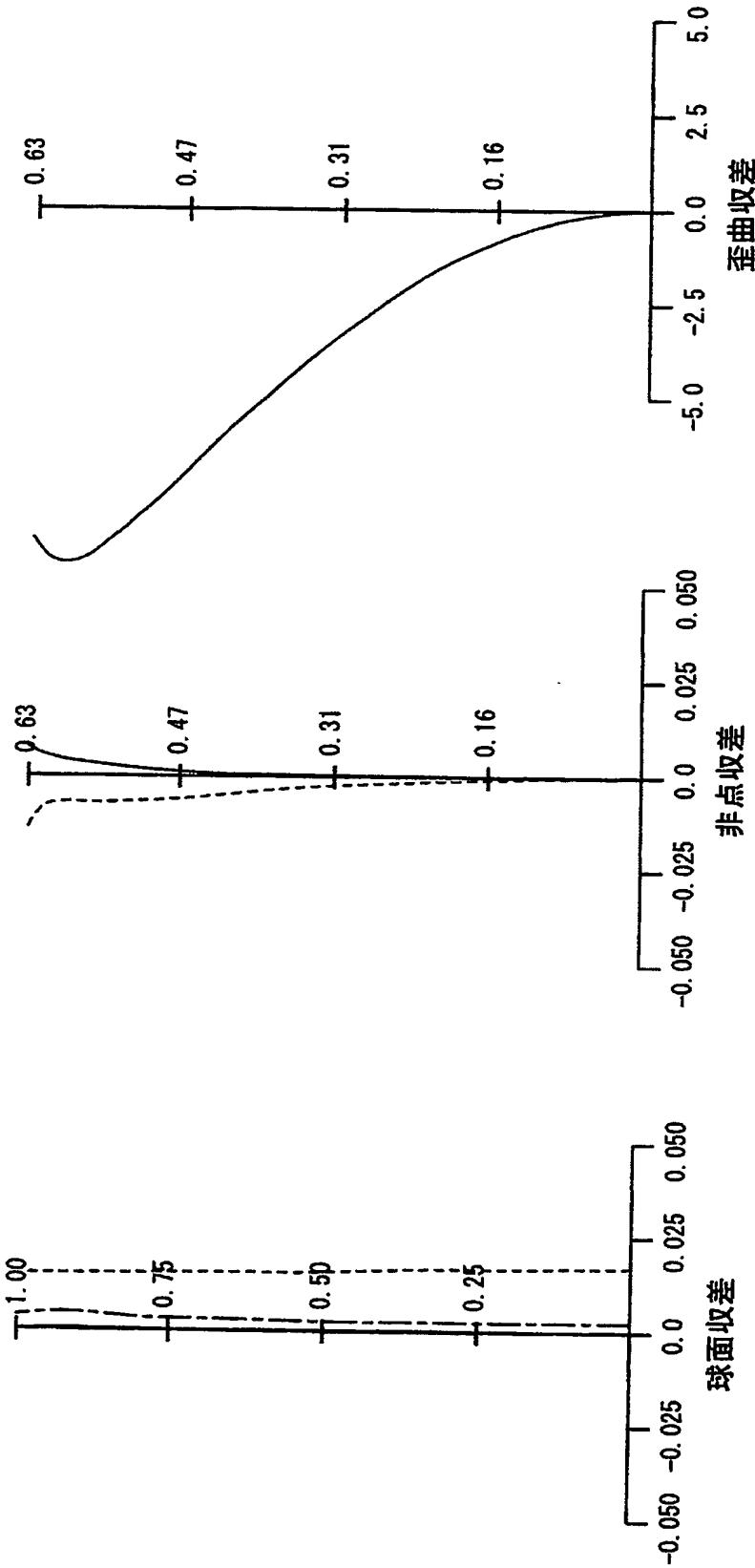
【図 4】



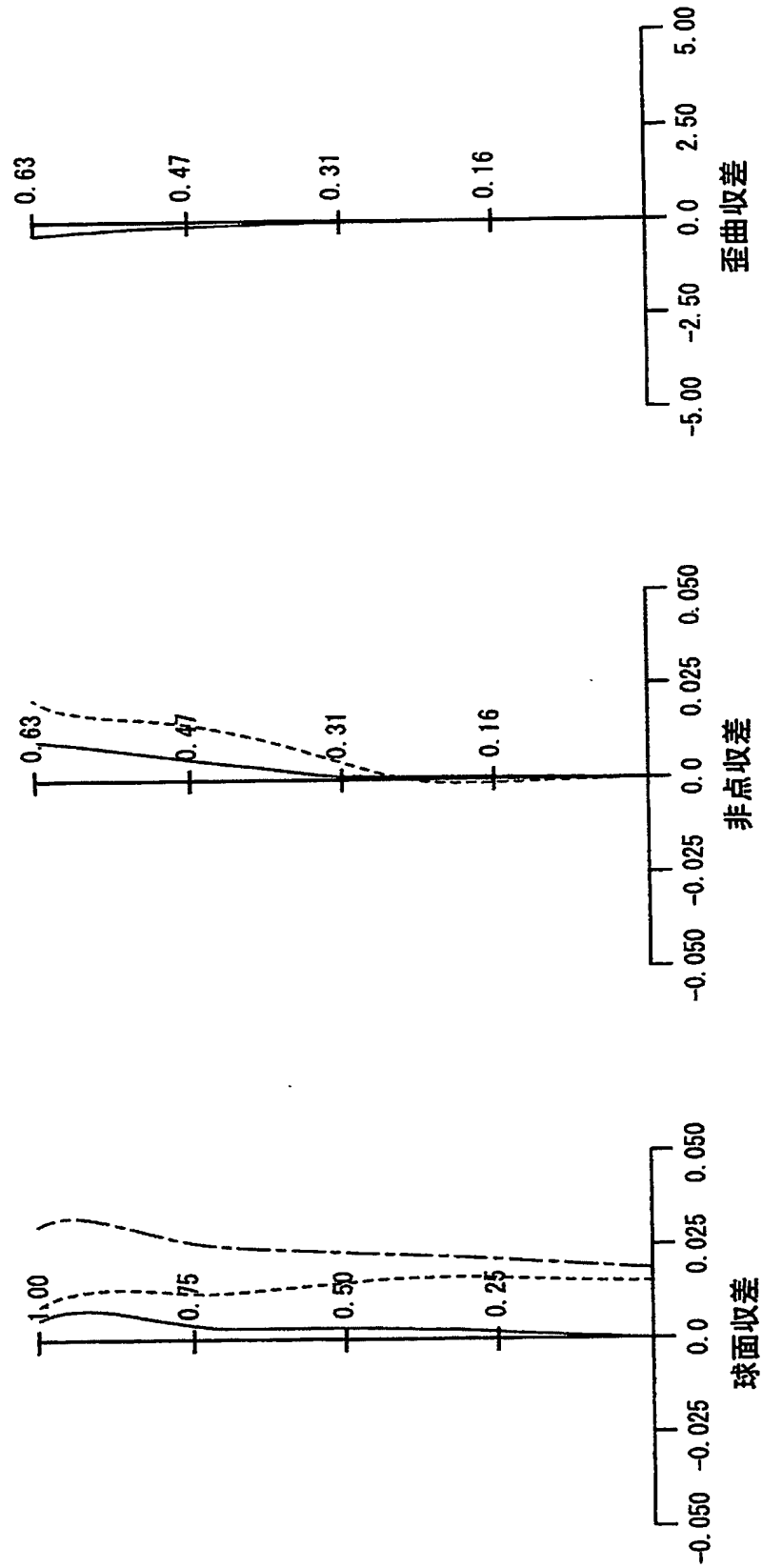
【図 5】



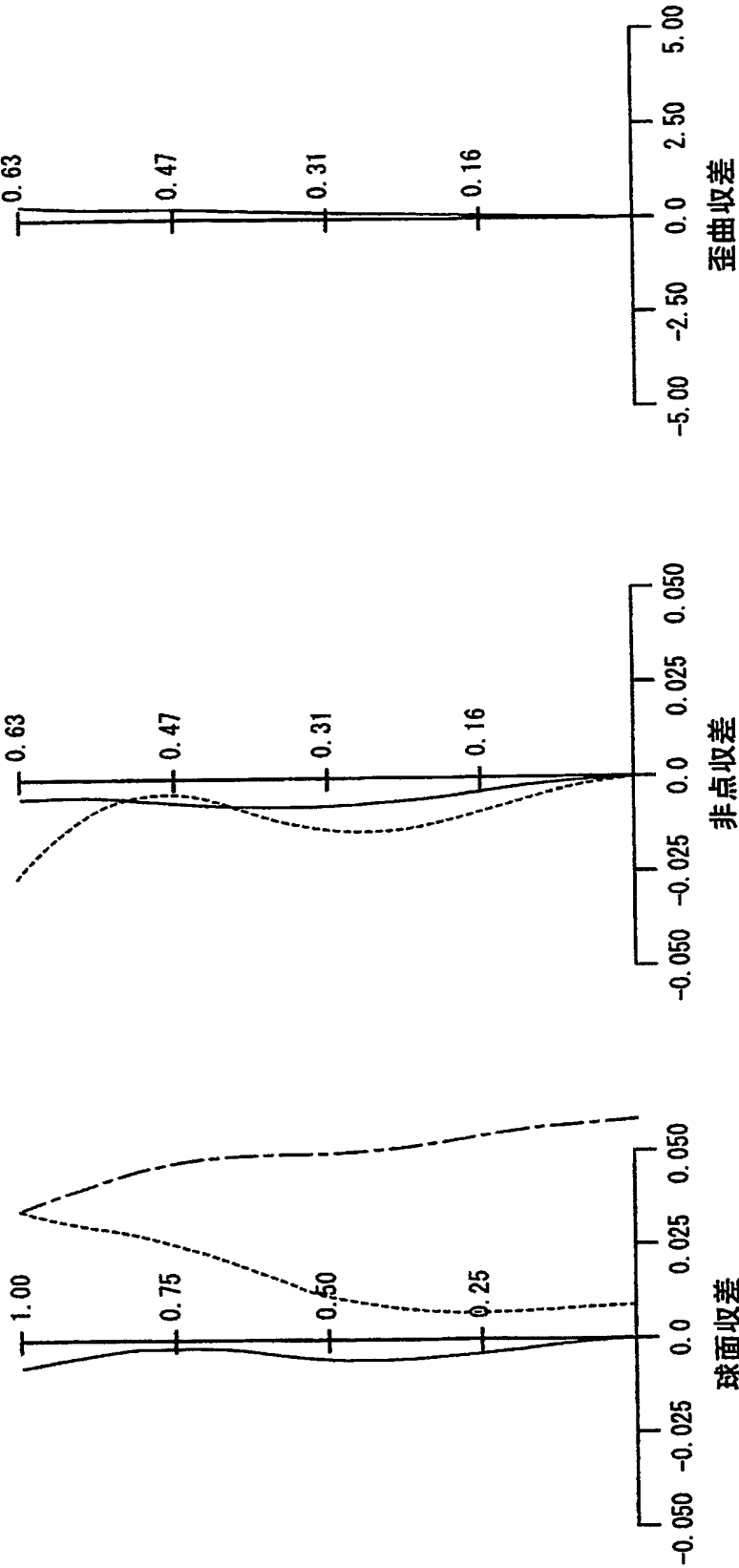
【図 6】



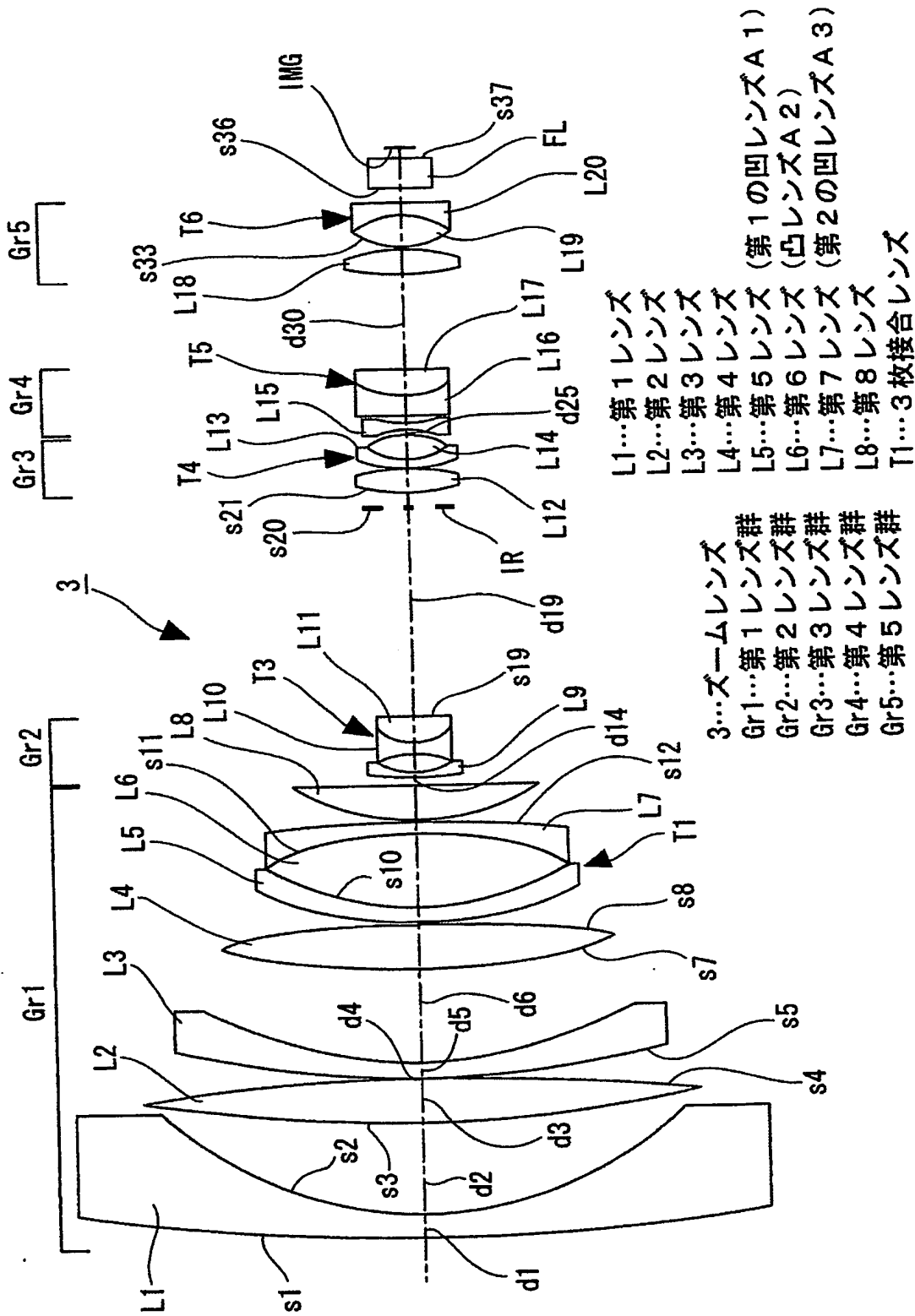
【図 7】



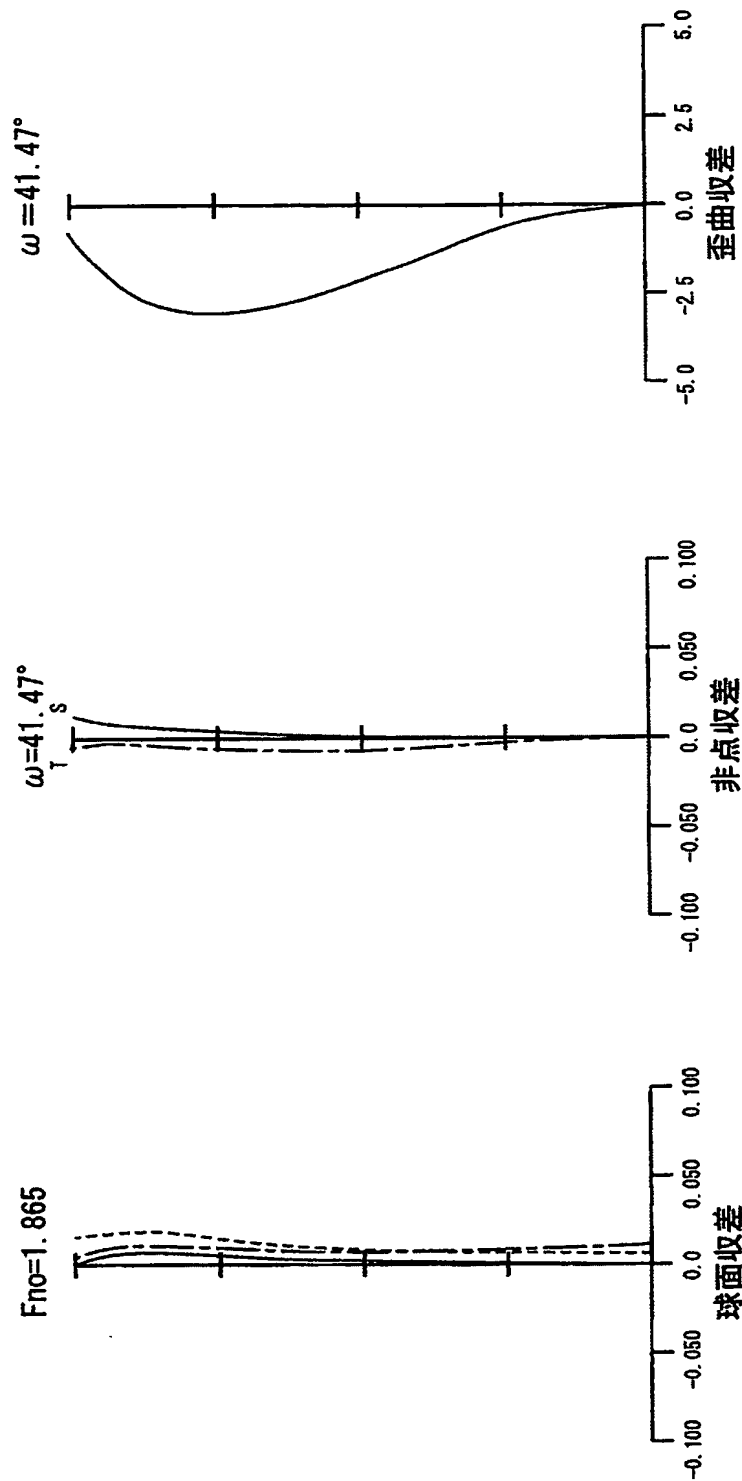
【図 8】



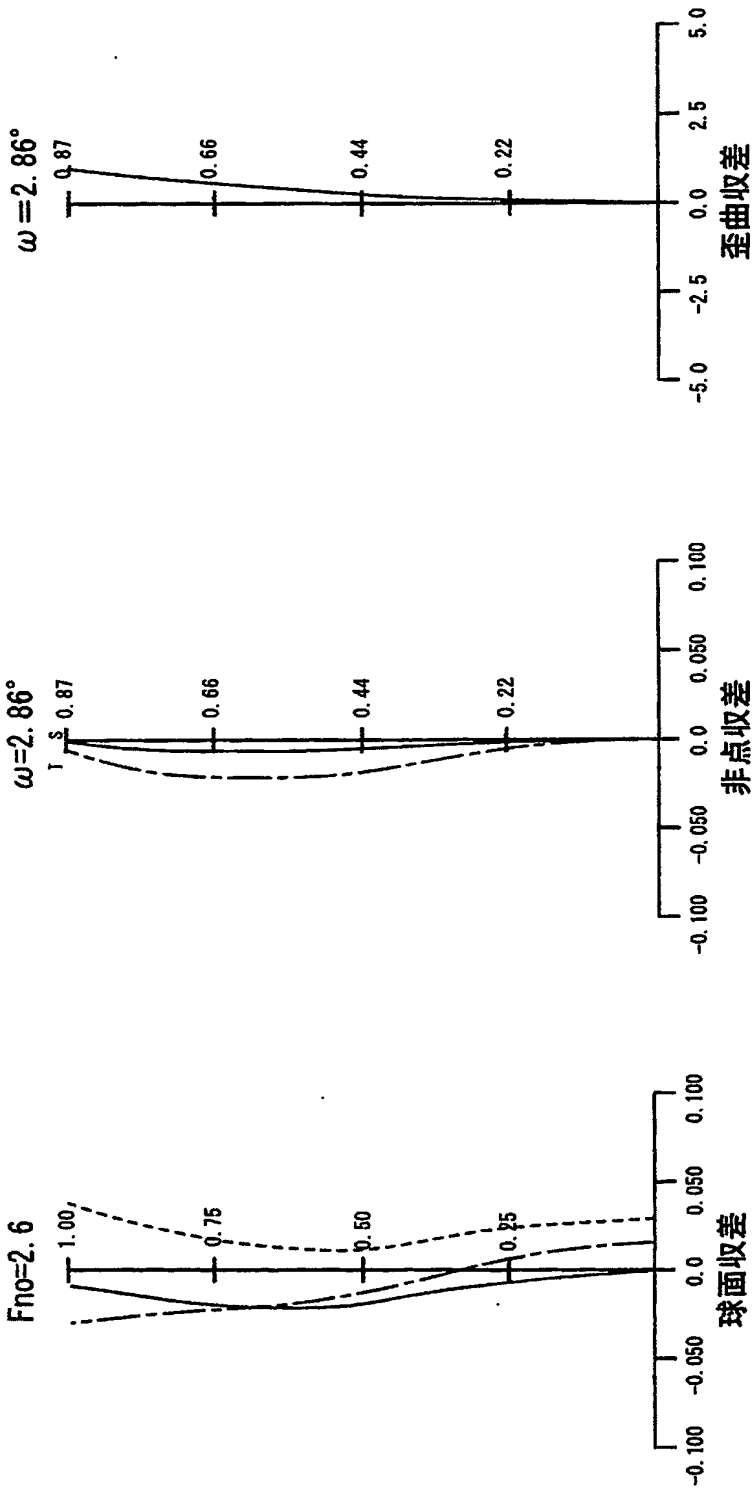
【図9】



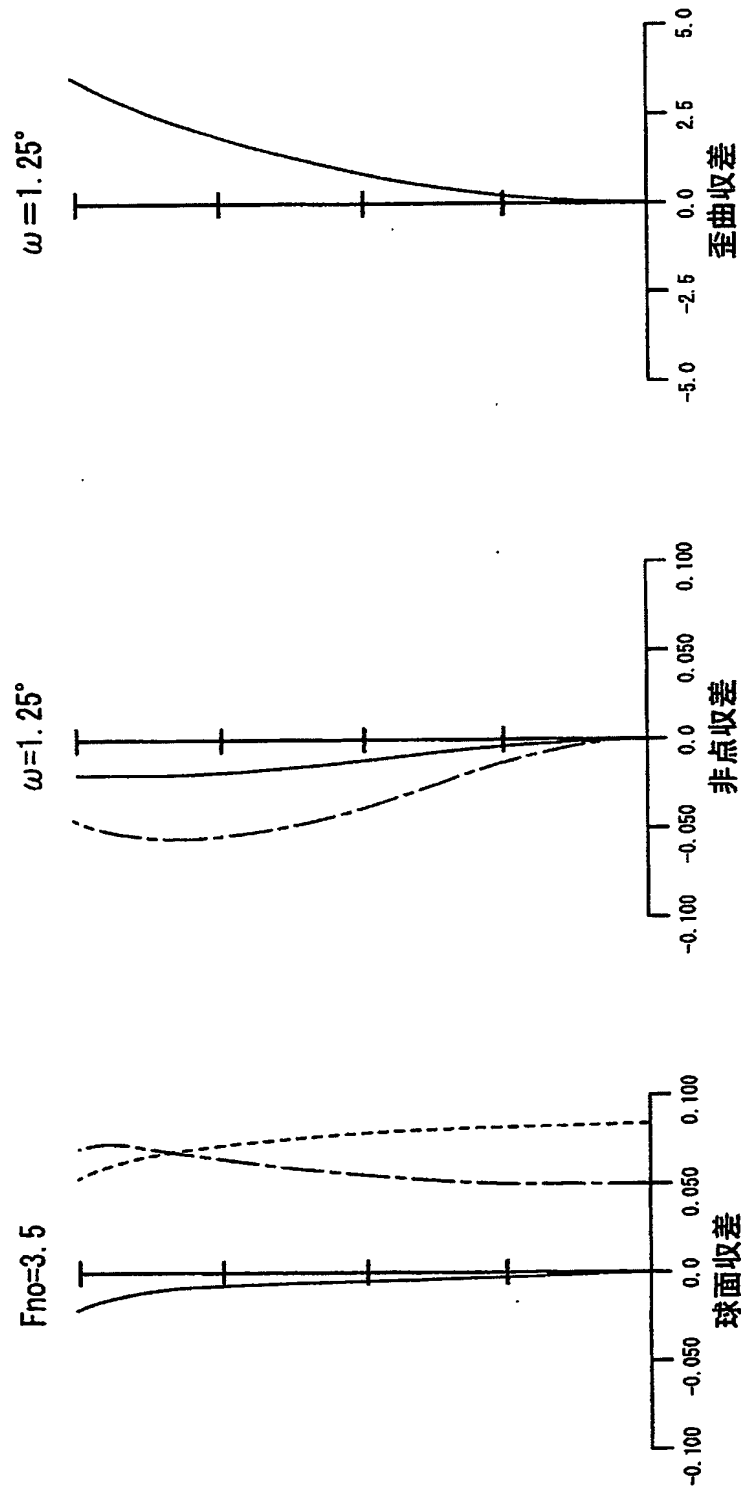
【図 10】



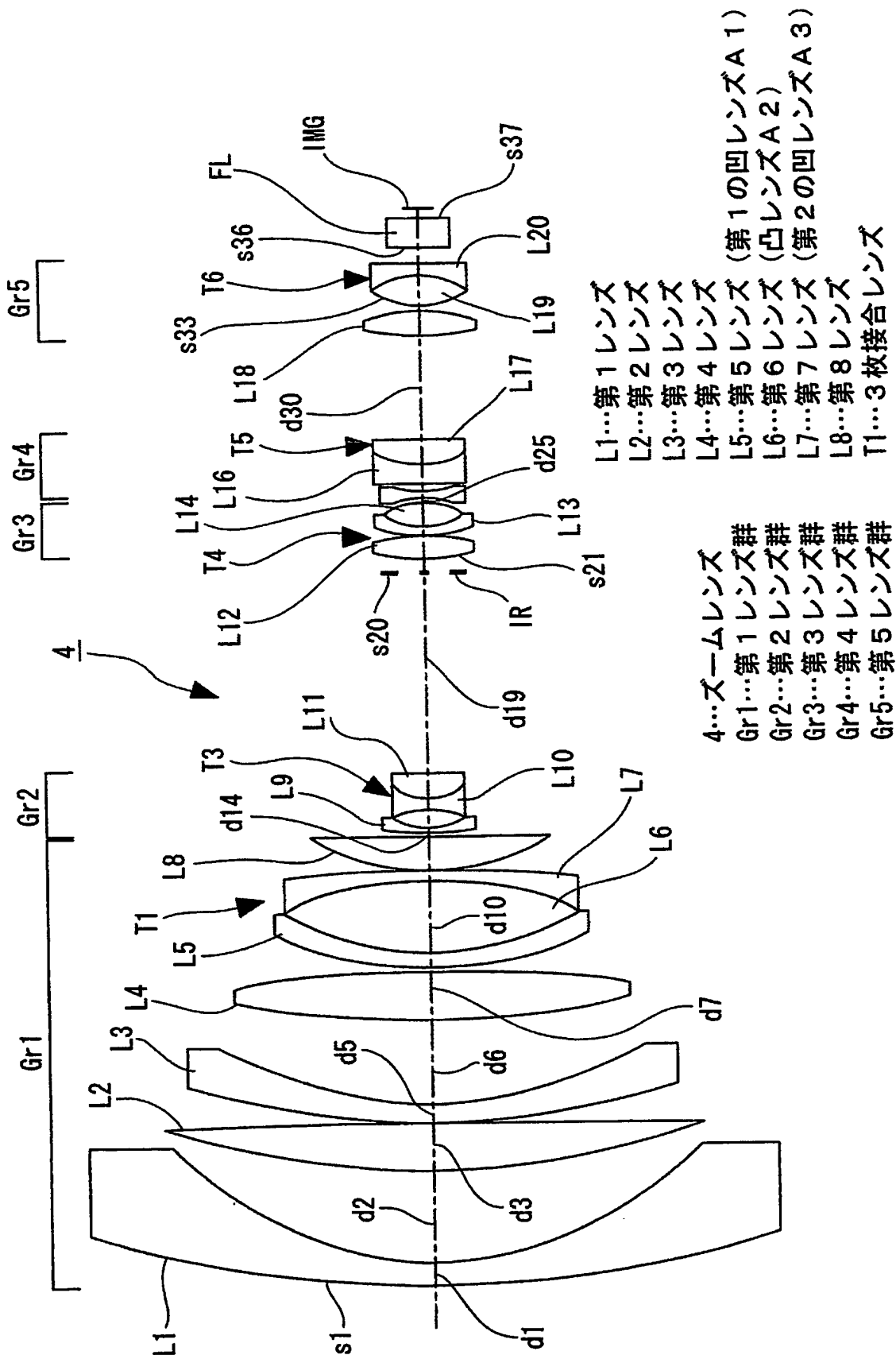
【図11】



【図 12】

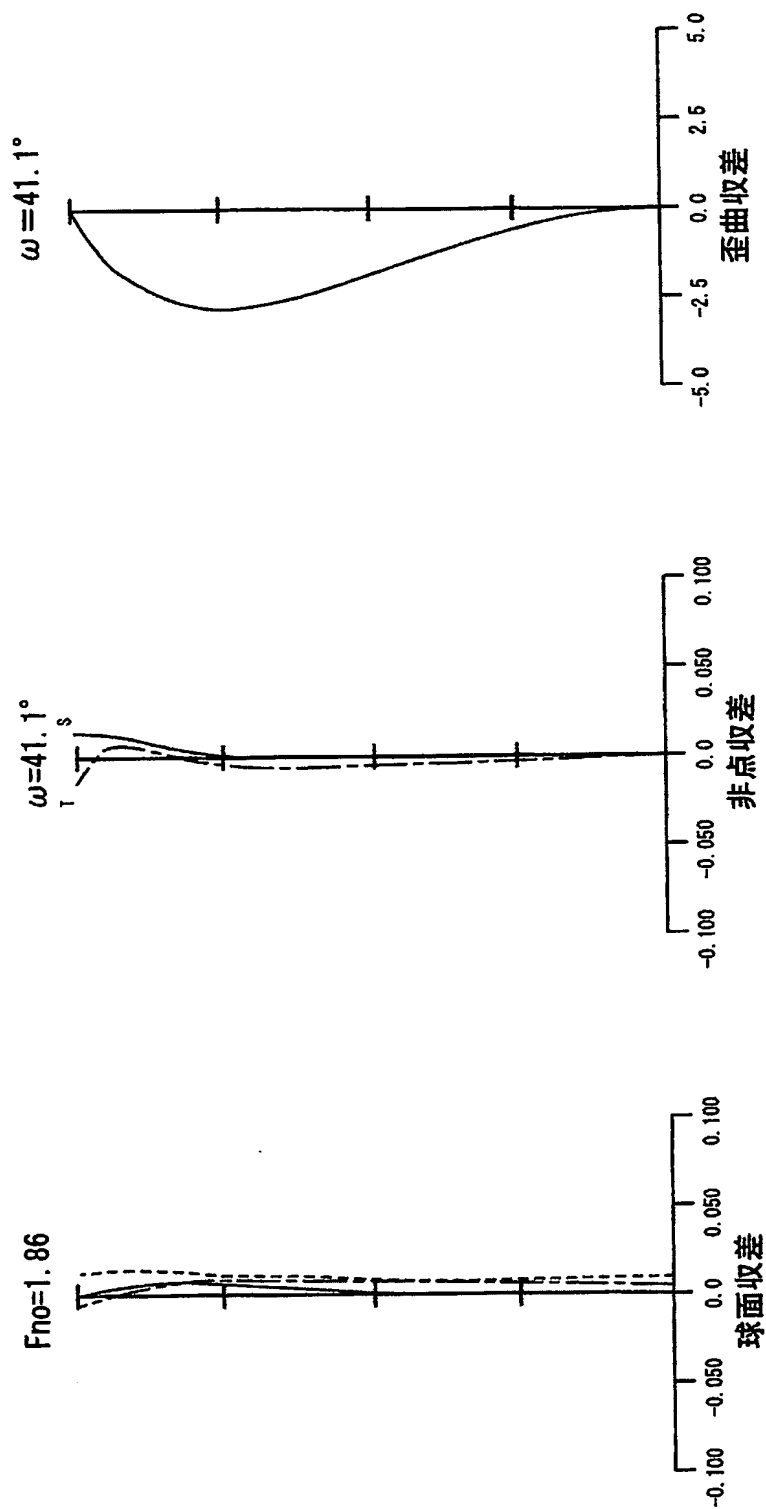


【図 13】

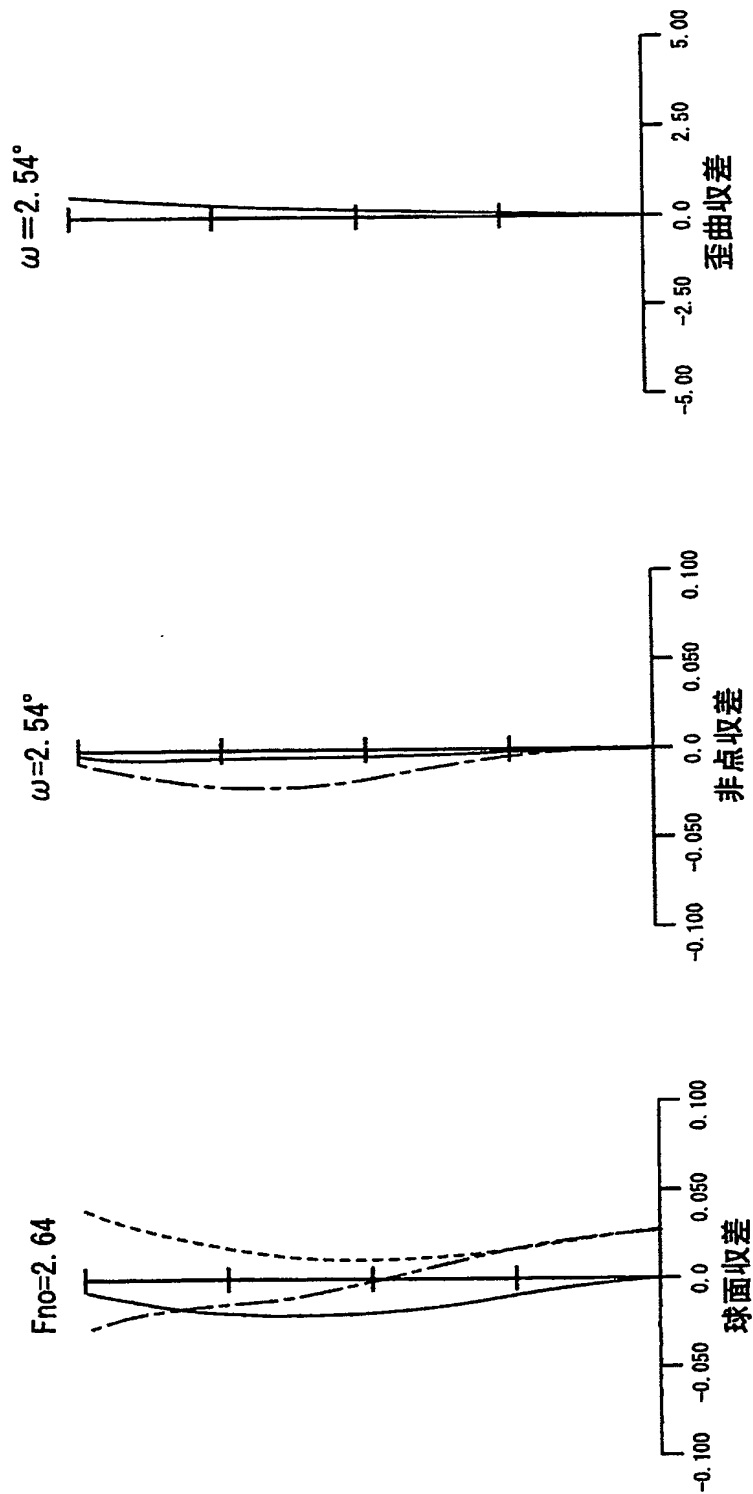




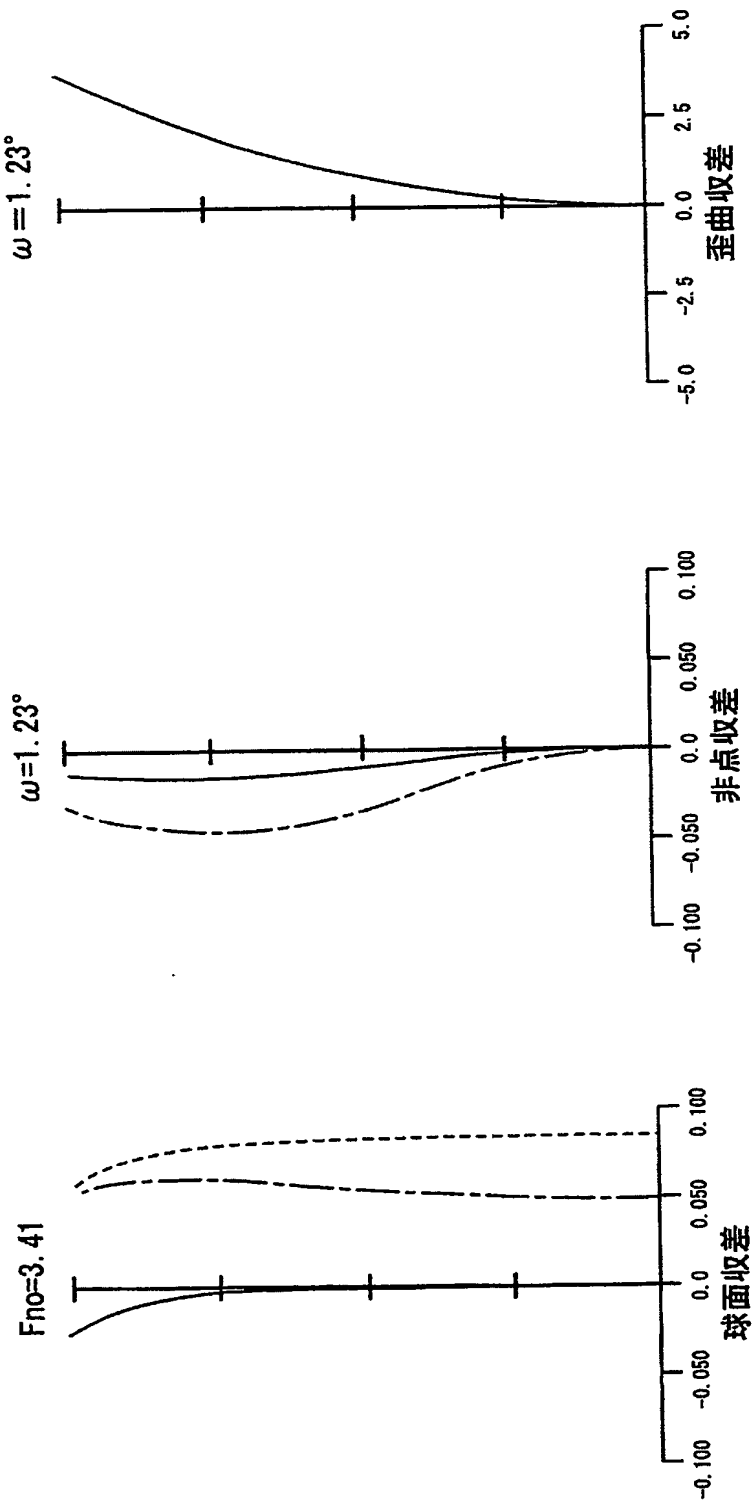
【図 14】



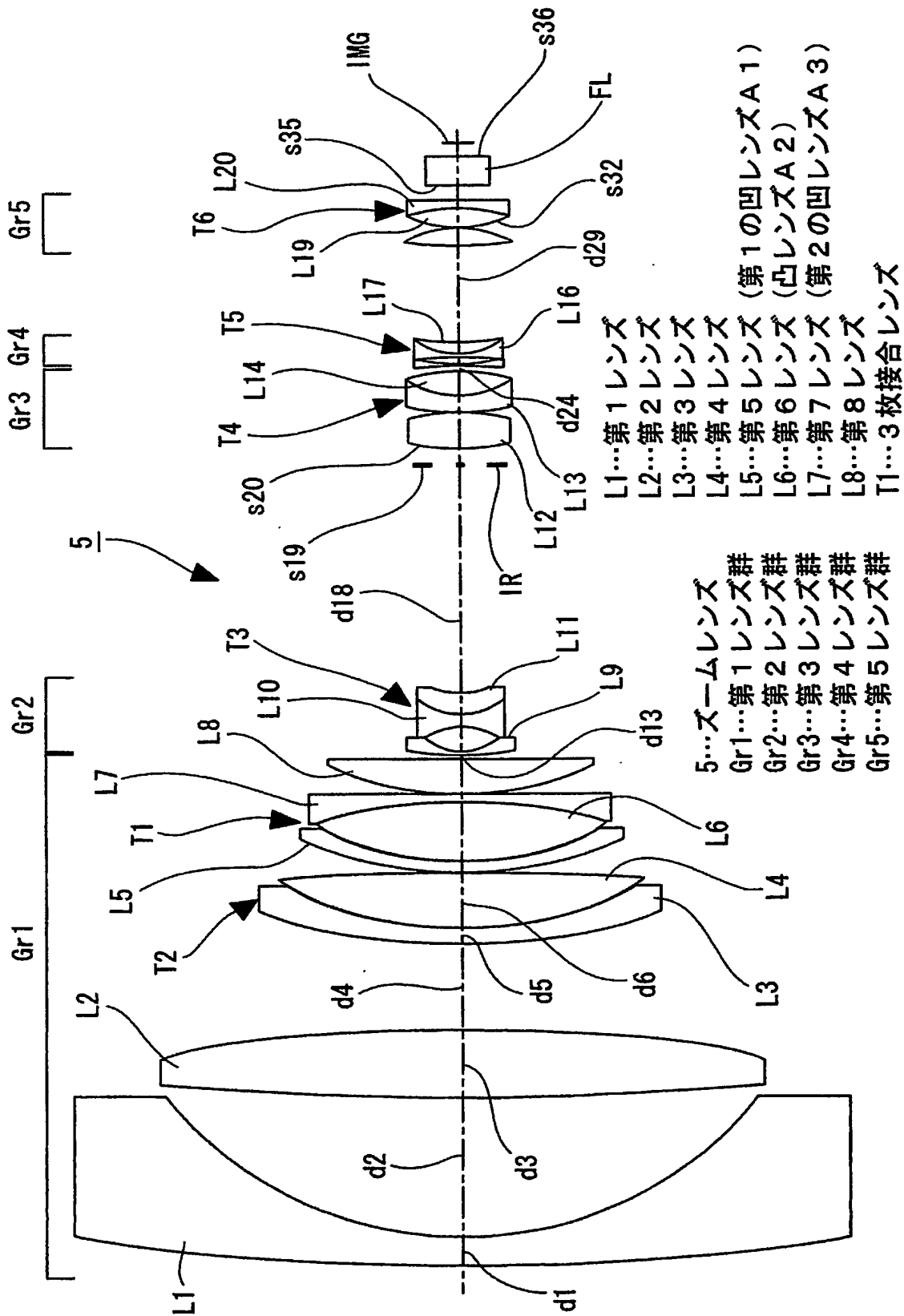
【図15】



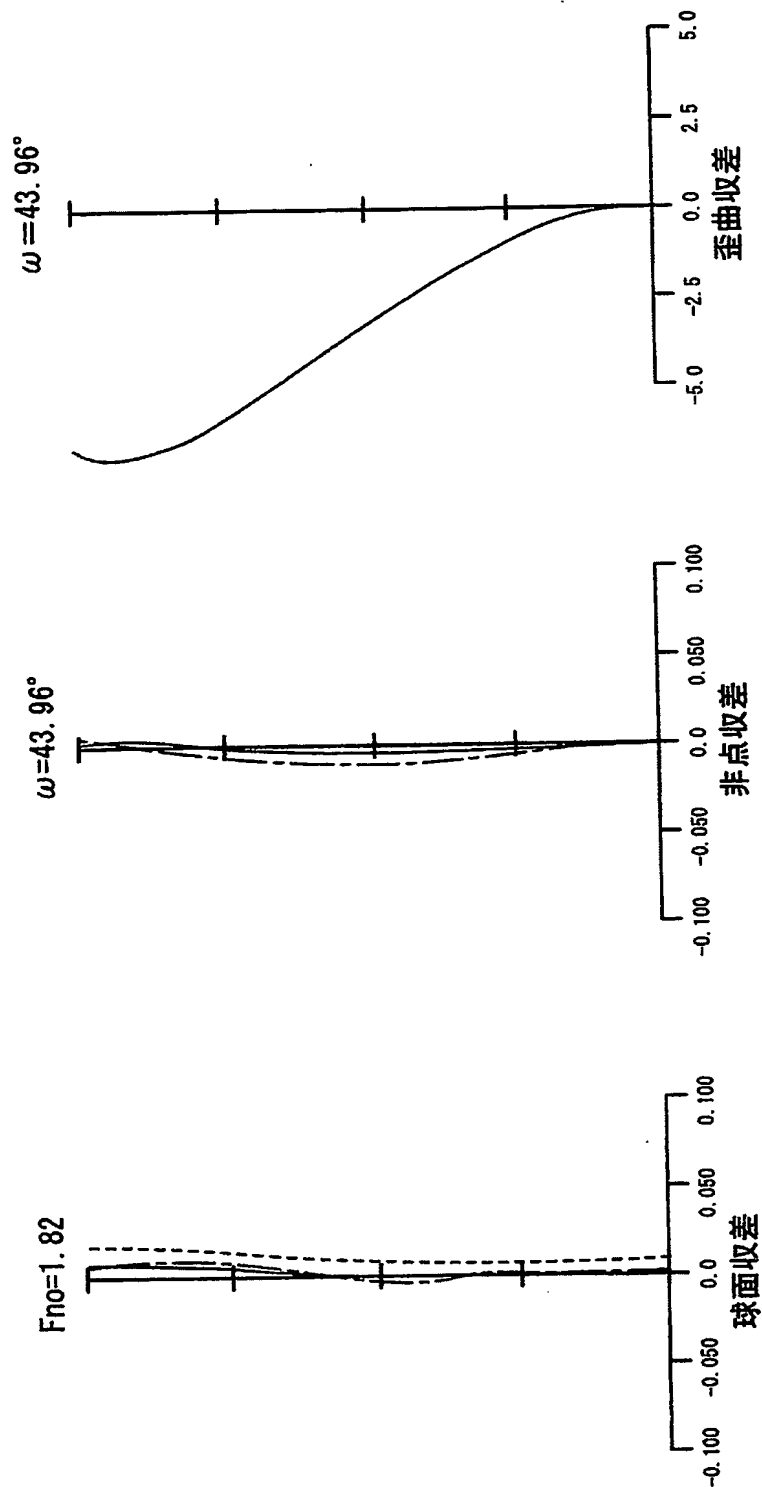
【図 16】



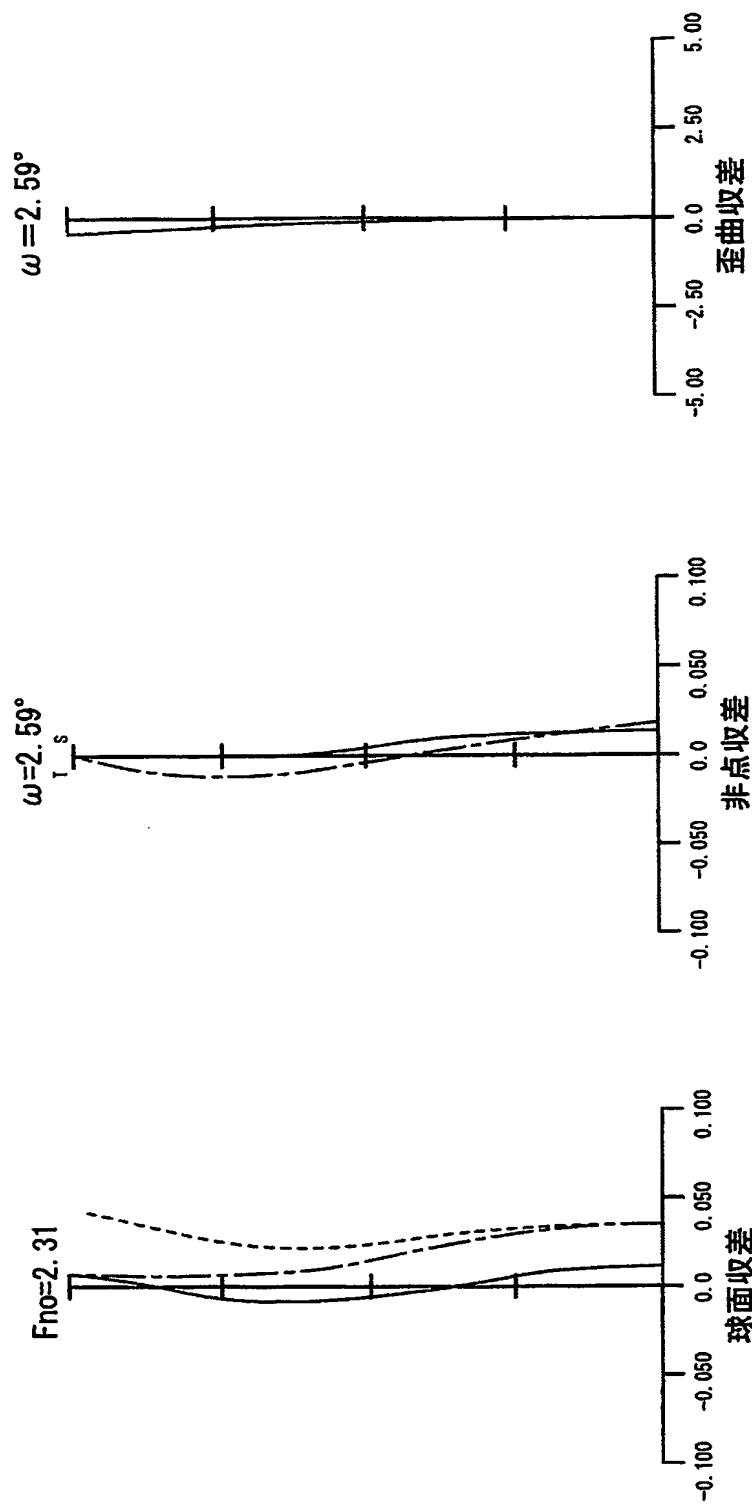
【図17】



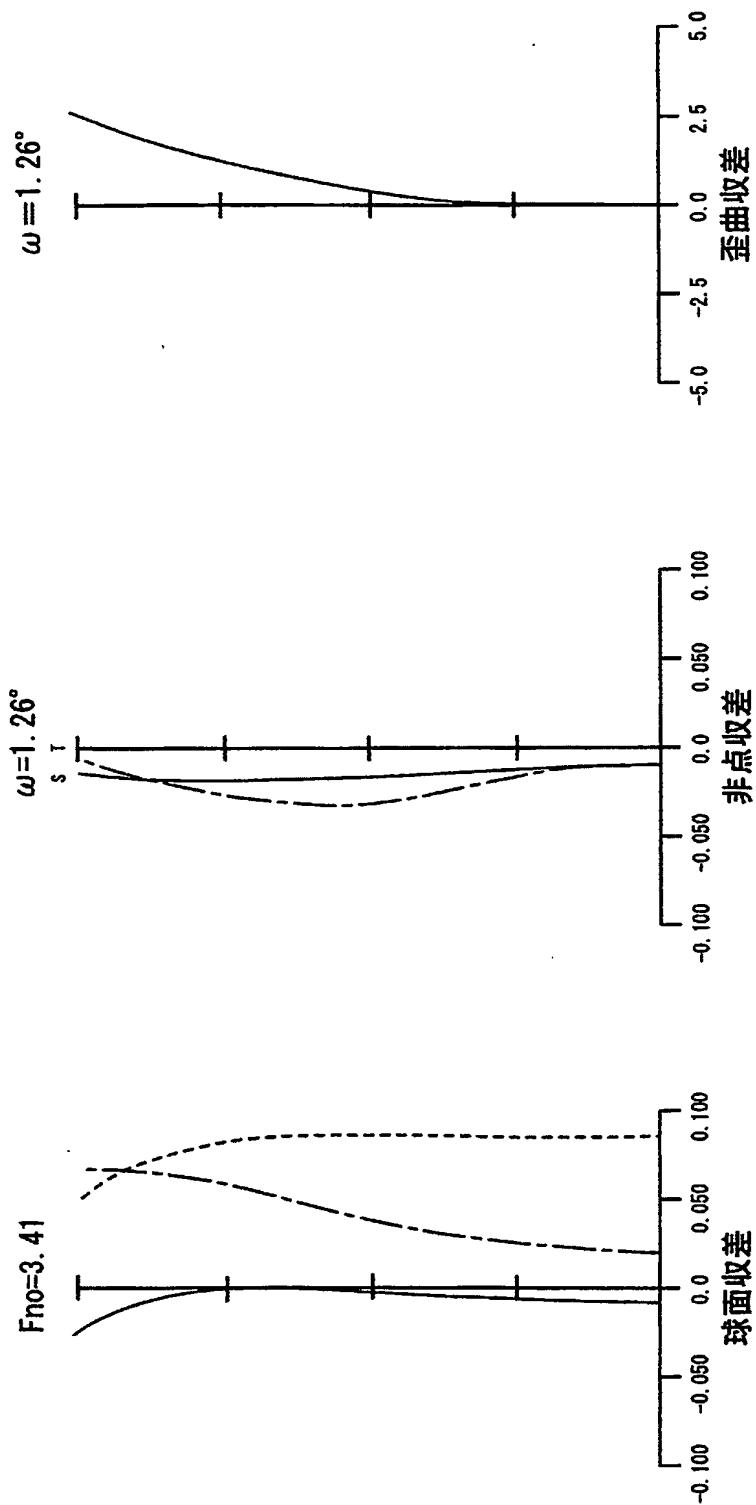
【図 18】



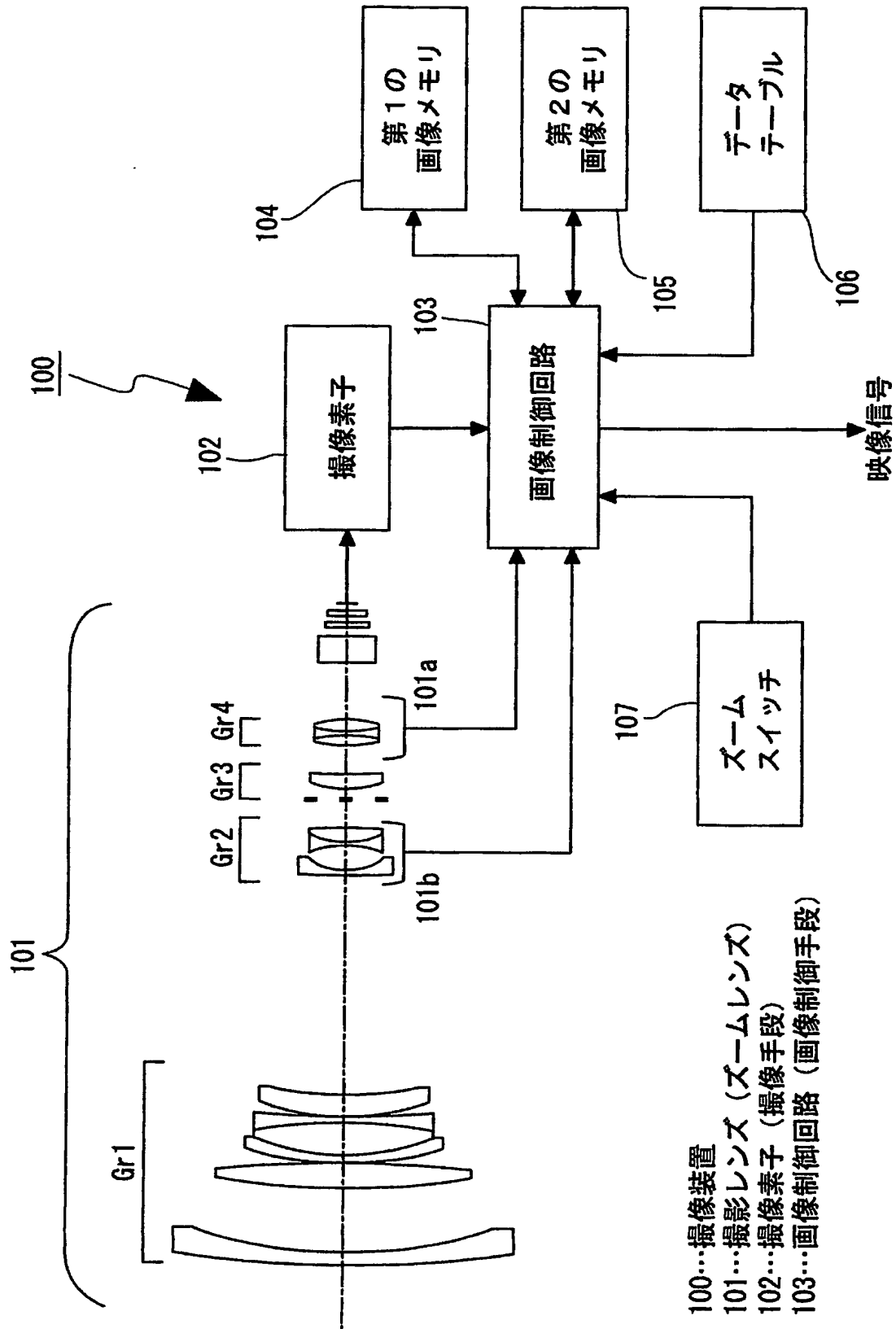
【図19】



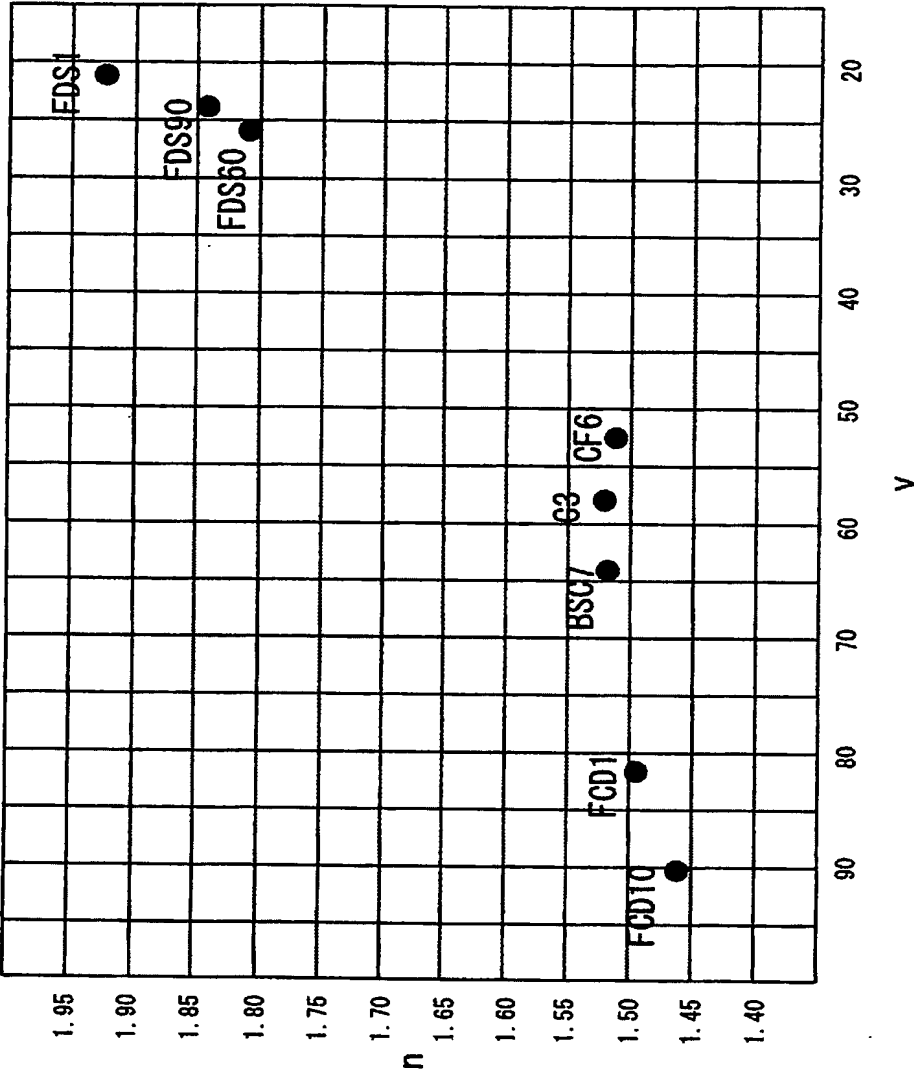
【図 20】



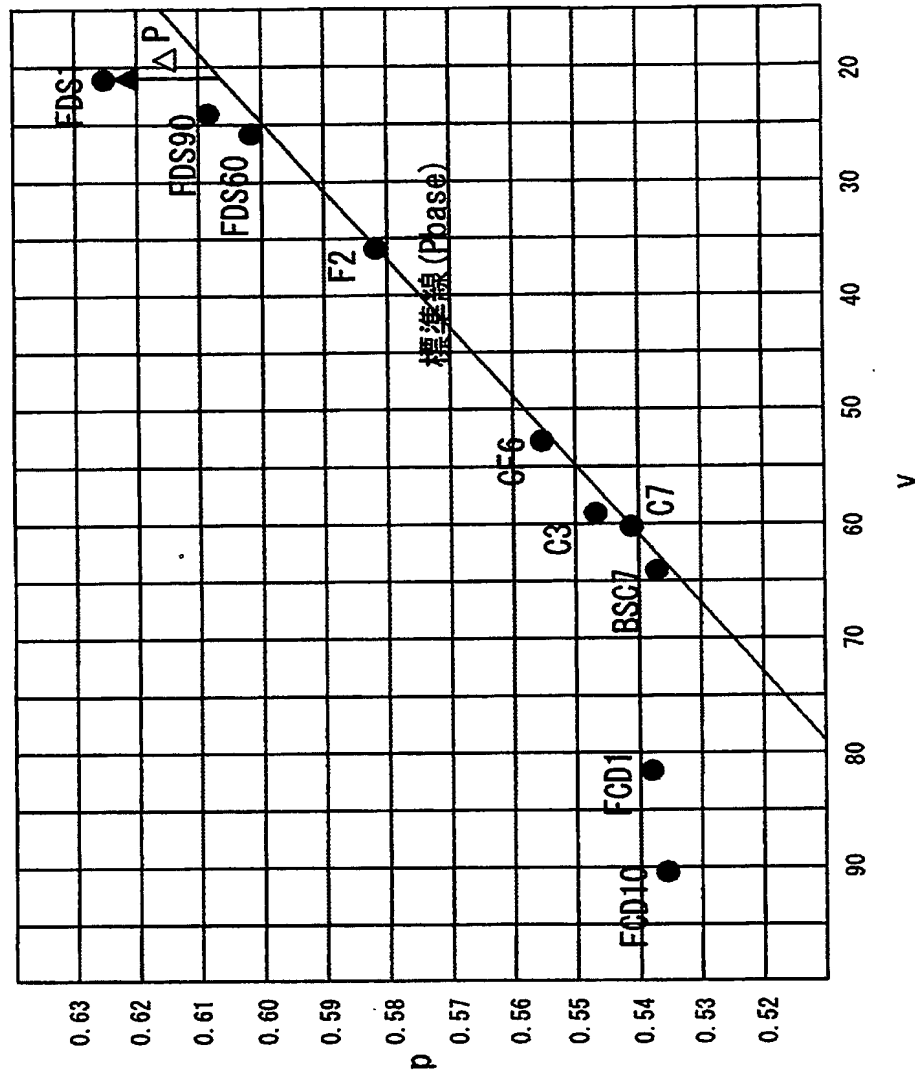
【図 21】



【図 22】



【図23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 画角が広角端において67度以上、望遠端において1.6度以下と超広角域から超望遠域までをカバーできて40倍程度のズーム比を有しつつ、各種収差が良好に補正されていて、量産性に優れたズームレンズを提供することを課題とする。

【解決手段】 物体側より順に配列された、正の屈折力を有する第1レンズ群G_{r1}と、負の屈折力を有し、主としてズーミング（変倍）を行うために光軸方向に移動可能とされた第2レンズ群G_{r2}と、正の屈折力を有する第3レンズ群G_{r3}と、負の屈折力を有し、ズーミング中における焦点位置の変動を補正すると共に焦点合わせを行うために光軸方向に移動可能とされた第4レンズ群G_{r4}と、正の屈折力を有する第5レンズ群G_{r5}とから成り、上記第1レンズ群は、物体側から順に配列された凹レンズと凸レンズと真ん中に特殊低分散ガラスから成るレンズL₆を挟み込んだ3枚接合レンズT₁を少なくとも1つつ有する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

| | |
|---------|------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2003-330038 |
| 受付番号 | 50301562580 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第一担当上席 0090 |
| 作成日 | 平成 15 年 9 月 26 日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000002185

【住所又は居所】

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

【氏名又は名称】

ソニー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100069051

【住所又は居所】

東京都中央区八丁堀 3 丁目 17 番 12 号

【氏名又は名称】

小松 祐治

【選任した代理人】

【識別番号】

100116942

【住所又は居所】

東京都中央区八丁堀 3-17-12 小松特許事務所

【氏名又は名称】

岩田 雅信

特願 2003-330038

出願人履歴情報

識別番号

[000002185]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏名

ソニー株式会社